Jean Tricart

ECODINÂMICA

SUPREN

IMPORTANTE!

Este material foi disponibilizado EXCLUSIVAMENTE para uso pessoal e não comercial. Caso seja utilizado parte dele cite a fonte com a sua devida referência.

Veja outras publicações em:

http://geografiaacademicadownload.blogspot.com.br/

Curta nossa página no Facebook para receber as atualizações

https://www.facebook.com/geografiaacademica

Siga-nos no Twitter

https://twitter.com/GeoAcademica

ECODINÂMICA

574.5

T 823 Tricart, Jean.

Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

91 p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1)

Inclui bibliografia.

1. Ecologia. 2. Homem — Influência na natureza. 3. Geomorfologia.
I. Série. II. Título.

SUMÁRIO

SIGLAS CITADAS

COPLANARH — *Comisión Nacional del Plan de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos* (Comissão Nacional do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hidráulicos). Venezuela.

CSIRO — *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (Organização de Pesquisa Científica e Industrial da Comunidade Britânica). Austrália.

DNER — Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (órgão vinculado ao Ministério dos Transportes). Brasil.

FAO — *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). Sede em Roma.

INDERENA — *Instituto de Desarollo de los Recursos Naturales Renovables* (Instituto de Desenvolvimento dos Recursos Naturais Renováveis). Colômbia.

INTA — *Instituto Nacional de Tecnologia Agrária*. Argentina.

IRAT — *Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières* (Instituto de Pesquisas Agronômicas Tropicais e Culturas Alimentares). França.

SUPREN — Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (órgão da Diretoria Técnica do IBGE). Brasil.

UNESCO — *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura). Sede em Paris.

NOTA

A conservação da Natureza — terras, águas e outros recursos naturais — constitui, antes de tudo, um problema de dispersão de energia. Esta é uma das colocações conceituais propostas pelo Professor Jean Tricart, quando analisa os fluxos de energia no meio ecológico e a integração dos fatores e características ambientais, fundada na intensidade dos processos morfogenéticos. Para o Autor, esses conceitos alicerçam o estudo dos problemas de conservação. É sua preocupação maior utilizar a pesquisa científica para conseguir o desenvolvimento *sem degradar os recursos ecológicos*. Aplica, para isso, os conceitos básicos da ecologia, valendo-se, porém, de uma abordagem que até então tem sido relegada pela generalidade dos ecólogos, dada sua formação quase exclusivamente de cunho biológico.

Em 1975, a convite do IBGE — Diretoria Técnica/SUPREN, o Prof. J. Tricart expôs essas concepções ecodinâmicas numa série de conferências, no Rio de Janeiro. Os textos gravados e depois preparados para publicação foram entregues à revisão do conferencista, que ampliou alguns capítulos, cabendo à SUPREN a tradução do francês. *

O Autor conhece o Brasil de longa data. Aqui esteve pela primeira vez em 1956, por ocasião do 18.º Congresso Internacional de Geografia, e logo se interessou pela natureza do País. Desde então, realiza viagens anuais de estudo à América Latina, dedicando o período de férias universitárias ao assessoramento de vários órgãos oficiais e universidades, seja diretamente ou por intermédio da cooperação técnica do Governo francês, ou ainda como perito de organismos internacionais (FAO, UNESCO). Na oportunidade de uma dessas visitas, em missão junto à Universidade Federal Fluminense, a SUPREN promoveu as conferências que deram origem a este livro — uma nova contribuição do IBGE à ciência e à cultura do País.

Jean Léon François Tricart nasceu em 1920. Foi professor-instrutor no *Prytanée Militaire*, durante a etapa final da II Guerra Mundial, e professor-assistente na Sorbonne, titulando-se no *Doctorat d'Etat* em 1948, para logo assumir o magistério na Universidade de Estrasburgo, onde tem realizado sua carreira universitária. Foi o último vice-decano da Faculdade de Letras e Ciências Humanas, antes da reforma universitária na França (1967-70). É, hoje, professor da Universidade Louis Pasteur,

* Na realização desse trabalho, a Professora Amélia Alba Nogueira Moreira, da Universidade Federal Fluminense e geógrafa do IBGE, tornou-se credora de reconhecimento pela tradução dos capítulos III e IV. A dos demais capítulos esteve a cargo de J. Pinto Lima, da SUPREN.

que reúne as disciplinas científicas e médicas. Tem exercido vários cargos internacionais, como a secretaria e, posteriormente, a presidência da Comissão de Geomorfologia Aplicada da União Geográfica Internacional. É o atual presidente do Comité Nacional Francês da INQUA (Associação Internacional de Estudo do Quaternário) e pertence à Seção de Ecologia do Centro Nacional da Pesquisa Científica, da França.

O Prof. J. Tricart tem se distinguido pelas pesquisas realizadas em países tropicais. Como conselheiro científico da *Direction Fédérale des Travaux Publics*, da antiga África Ocidental Francesa, foi responsável por vários estudos básicos para o desenvolvimento e a modernização das redes de transportes de muitos países da federação, e por estudos do ambiente natural para grandes programas de hidráulica, principalmente nas bacias dos rios Senegal e Niger. Esses trabalhos foram apreciados pelos governantes das jovens nações africanas, ao se tornarem independentes, e vários deles tiveram continuidade, principalmente em Mali e na Costa do Marfim. Em 1969, participou de uma missão de avaliação dos vários programas das Nações Unidas na bacia do rio Niger. Essa missão, financiada pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), apresentou um programa de estudos para o desenvolvimento integrado da bacia.

O Prof. Tricart foi incumbido pela UNESCO dos problemas de pesquisa relativos ao aproveitamento do meio ambiente. Em 1971, a UNESCO o encarregou da co-direção de um seminário intensivo em Dakar, dedicado ao planejamento e execução de projetos em bacias fluviais. Suas atividades são dedicadas, principalmente, aos recursos naturais. Com pesquisadores do Centro de Geografia Aplicada, por ele criado em 1956, aplicou métodos geomorfológicos a pesquisas de águas subterrâneas em formações detríticas quaternárias no Peru e no Chile. Participou da orientação metodológica da COPLANARH, na Venezuela, organismo encarregado do inventário dos recursos de águas e terras do País, e do INDERENA, instituição semelhante, na Colômbia. Prestou assistência ao Ministério de Obras Públicas da Venezuela para a ordenação da zona sul do lago Maracaibo, onde ocorrem delicados problemas de manejo hidráulico. Dirigiu vários estudos dos fenômenos naturais para o aproveitamento hidráulico de bacias fluviais na Colômbia, Venezuela, Peru e Chile, entre os quais os que visam à estabilidade das margens da represa de Chivor e ao controle da carga aluvial da alta bacia do rio Madalena para a represa de Betania.

Parte importante das atividades do Professor Tricart tem sido dedicada ao estudo da integração dos solos na ambiência ecológica. Começou com as planícies aluviais, objeto de obras hidráulicas (delta do Senegal, vale médio do rio Niger), e conseguiu elaborar uma nova metodologia de levantamento dos solos, mais eficiente e menos onerosa, que aplicou na Venezuela (com o Ministério de Obras Públicas e, posteriormente, com a COPLANARH), na Colômbia e na Argentina, como assessor do INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agrária), enviado pela FAO. Neste último país, seu método foi aplicado aos 120.000 km^2 da Pampa Deprimida, cujos solos alcalinos constituem limitação grave ao desenvolvimento agropecuário. O mesmo método foi também transmitido ao Programa de Estudo e Levantamento de Solos do Uruguai.

Como conselheiro científico do IRAT (*Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières*), o Prof. J. Tricart orienta estudos integrados do meio natural para o desenvolvimento da agricultura, tendo introduzido novos métodos, com emprego em várias regiões do mundo.

O livro que o IBGE agora coloca à disposição do público brasileiro é produto dessa longa vivência de trabalho do Autor, embasada num amplo e sólido preparo científico.

Rio de Janeiro, 1977.

APRESENTAÇÃO

A utilização dos recursos naturais pelo homem é tão antiga quanto a existência do gênero humano sobre a Terra.

Em seu estágio de cultura a mais primitiva, já dependia o ser humano da ocorrência natural de meios para subsistência, obtidos, quando necessário, com o auxílio dos instrumentos rústicos que era capaz de produzir. Isso, até o momento em que, mais sedentário, passou a cultivar a terra, melhorando seu suprimento e aumentando a possibilidade de atender às necessidades da coletividade crescente.

Nesse quadro, nenhuma carência existia, pelo que nenhum esforço era exigido das condições da captura, coleta ou sistema elementar de cultivo.

A oferta desses bens ultrapassava fortemente o limitado consumo e a experiência dessas sociedades se transmitia sem maiores modificações.

Pode-se registrar, no entanto, que o domínio da agricultura e do pastorcio representaram um grande avanço do conhecimento, mesmo numa era em que os recursos naturais eram suficientemente fortes para não pressionar a técnica em obtê-los.

Se tomarmos outra fase muito mais avançada da história da humanidade como referência e buscarmos compreender o relacionamento entre a produção de bens e as necessidades dos usuários, poderemos constatar que o uso da terra, por exemplo, foi acompanhado de progressos técnicos que lhes davam contrapartida, dentro do processo geral de evolução do homem sobre o solo.

A Revolução Industrial do século XVIII, na Inglaterra, catalizou enorme soma de experiências, que se traduziram em inovações essenciais ao progresso da civilização. Os avanços que se verificaram na Física, na Química; as preocupações essenciais com os sistemas de produção, não só no meio urbano, como na atividade agrícola; o impulso criador, renovando os conhecimentos geológicos e fundamentais a ciência do solo, tudo isso serviu como substrato de aplicações industriais e agropastoris de maior relevância para a época.

O crescimento das aglomerações urbanas na Inglaterra, acompanhado de melhoria de condições de habitação e higiene se fizeram sentir na diminuição das altas taxas de mortalidade, e o aumento de população criou novas necessidades de abastecimento, que os processos rotineiros e predatórios do uso dos recursos de todo tipo não poderiam contemplar.

É notório que o ritmo de propagação dessas melhorias não era acelerado e sua amplitude não era, desde logo, global. Os fatos ocorriam e sua difusão era fruto do tipo de comunicação possível entre os grupos sociais da época. Essa relativa lentidão, no entanto, não esmaece o valor a ser atribuído à parte que o conhecimento técnico e científico teve nessa fase destacada, não só da Inglaterra, como de sua significação mundial.

O que é, assim, de muita importância notar é que sem o fundamento de conhecimentos técnico-científicos da época, o progresso, em seu conjunto, não poderia ocorrer.

E é desse progresso e de sua difusão que a preservação do solo, com a melhoria da produtividade e, de modo geral, o bom uso dos bens e riquezas naturais pôde disciplinar-se, em benefício da coletividade.

A acumulação dessas experiências e sua difusão mundial serviu de patamar para os processos de "revolução industrial" que emergiram no século XIX na Europa Continental e nos Estados Unidos da América.

O surgimento posterior de uma ciência dos solos, apoiada no maior e melhor domínio dos aspectos geológicos e climáticos da crosta terrestre, e o melhor entendimento das interrelações entre o meio biológico e sua base física foram fatos essenciais a ampliações da compreensão e racionalização do uso do meio ambiente.

Nos povos de cultura mais evoluída, essas adaptações foram, naturalmente, mais generalizadas e melhor aproveitadas.

Infelizmente, muita destruição desnecessária da natureza continuou a ser praticada e, em muitos casos, os conhecimentos adquiridos foram — quando o foram — mais empregados na recuperação ou redução de danos já produzidos do que preventivamente praticados no quadro do progresso do gênero humano.

Em especial, no caso brasileiro, um salto no tempo revelará algumas facetas dos aspectos gerais do problema, levando-se em conta a defasagem com que nos têm chegado as práticas evoluídas de hábitos de trabalho em vários domínios.

No uso da terra, a expansão da agricultura, notadamente dos meados do século XIX ao começo do atual, foi feita sobre as zonas florestais, com métodos primitivos, desde a fazenda do tipo mineiro — unidade econômica quase auto-suficiente e tradicionalista — até a grande agricultura comercial do café e do algodão. A devastação florestal do vale do Paraíba; da serra da Mantiqueira, zona da Mata e sul de Minas; do planalto paulista e do sul de Goiás, tiveram efeitos tão desfavoráveis quanto a agricultura de pequenas propriedades, de colonos europeus no Sul do Brasil.

Os sistemas de rotação de terras com sacrifício da floresta empobrecem o solo, aceleram o trabalho da erosão e, necessariamente, alteram o regime dos rios. Tudo isso reduziu o tempo útil de utilização econômica do meio natural e acrescentou substancial margem de disperdício no aproveitamento dos recursos, não obstante haver já conhecimentos científicos e experiência mundial capazes de melhor orientar o trabalho que se produzia no País.

Esses fatos não se resumem a atividades agrícolas e ao uso do solo, na vida brasileira.

O aparecimento da expansão industrial e comercial oferece um quadro de desenvolvimento que não tem encontrado contrapartida inteligente no domnio e uso dos conhecimentos contemporâneos.

Se a agricultura e o pastoreio continuam devastando as matas, ao mesmo tempo que se afastam, cada vez mais, dos mercados, com produtos onerosamente transportados, isso, para dentro de regiões climaticamente mais vulneráveis ainda, a atividade industrial se vai fazendo sem maiores cuidados, no que se relaciona com as formas de poluição envenenadoras das águas e, de um modo geral, do meio ambiente, deteriorando as condições de vida, antes de que se tenha o interesse e a obrigação de saneá-lo.

Não tem sido instrutivo saber, nesse domínio, que as concentrações industriais que produzem gases e vapores daninhos estão expostas a que a difusão e migração dessa matéria não se produza em regiões de invernos frios ou brandos, ou, sujeitas a inversões de temperatura.

Pouco valeu, nesse particular, o conhecimento do que tem ocorrido em nações industriais, situadas em clima temperado.

O lançamento de dejetos e resíduos poluentes nos rios em cujas proximidades se localizam grandes centros urbanos, ou, sucessões de cidades, especialmente as que desenvolvem atividades industriais, continua sendo feito, não obstante o progresso que se tem verificado em situações semelhantes.

Os rios Tietê e Paraíba do Sul vêm padecendo de um conjunto de males, decorrentes do uso agrícola da terra, ou, da atividade industrial, quadro que se agrava perigosamente, ao mesmo tempo que se anuncia, alviçareiramente, que os peixes retornam ao Tâmisa londrino, vencido o alto nível de poluição que aí se conhecia.

A devastação florestal das altas cabeceiras do rio Paraguai vem contribuindo progressivamente para agravar suas desastrosas enchentes, mudando o regime de cheias do Pantanal, com o enorme sacrifício do gado que aí se pastoreia.

Enfim, um sem número de exemplos e citações poderia ser arrolado, para que se atraísse a atenção para ocorrências essenciais à vida humana e, com natural ênfase, à brasileira.

Se nos fixarmos, no entanto, nos aspectos gerais da questão, teremos a constatar que, elementarmente, dos estudos das interrelações do meio biológico com o meio físico, estruturou-se a Ecologia, ciência que, por si só, vem prestando os mais importantes serviços à humanidade.

As experiências recolhidas ao longo do tempo, no confronto entre as noções e princípios daquela ciência e os fatos inventariados na superfície do planeta, permitiram que os conhecimentos evoluíssem para a distinção de conjuntos de interrelações individualizadas, que se diferençavam entre si, criando, desse modo, posições de abordagem dos complexos, esclarecidos quanto às suas composições e estrutura.

Esses fatos, que tanto iluminaram a percepção do meio ambiente, passaram a oferecer a possibilidade de que as alterações produzidas pelas interferências nesses domínios pudessem orientar uma previsão sobre as conseqüências das ações sobre o conjunto.

Vale dizer que melhores relacionamentos gerais de causa e efeito passaram a ser antevistos e preconizados.

Para que, no entanto, penetração mais completa no domínio íntimo dos fatos e fenômenos em causa pudesse ser alcançada, restava o conhecimento da essência, mesma, dos agentes atuantes e de sua participação relativa nos processos reconhecidos.

É essa a proposição que se oferece do estabelecimento de um conceito de Ecodinâmica e do desdobramento em estudo de seus fenômenos, para que se atinja a essência, mesma, dos mecanismos que explicam as correlações identificadas.

O velho princípio do "dominadas as causas, podem ser controlados os efeitos" é, aqui, revivificado no campo do conhecimento e passa a ser viável ir-se da constatação e interrelacionamento dos ecossistemas aos mecanismos de participação dos agentes, criando-se a possibilidade de intervenção prévia na defesa dos padrões cuja manutenção deva ser preservada.

Não basta, no entanto, como tentamos descrever, que *exista* o conhecimento, em domínios restritos da pesquisa, do ensino, ou, das áreas de cultura técnico-científica de ponta. É necessária a difusão das idéias e propagação das experiências de aplicação desses progressos em diferentes meios.

O IBGE, em hora oportuna, procura, mais uma vez, adiantar-se na ampla transferência desses valores culturais, publicando o excelente trabalho do professor Jean Tricart, estudo em que identifica, caracteriza e, sobretudo, com sua excepcional experiência de pesquisa original de campo e qualificação didática, transforma em noções acessíveis todo o cabedal de uma longa experiência de atividade profissional em diferentes países e regiões.

Inteligência privilegiada, atravessou os anos de formação como professor e geógrafo na Faculdade de Letras da Universidade de Paris, entre a Sorbonne e o Institut de Géographie sob o conceito dos excepcionalmente dotados e guiado pelo grande André Cholley, *Doyen* da Faculdade de Letras e Diretor do Instituto de Geografia, mas, especialmente, seu *patron* de doutoramento, no peculiar jargão dos meios universitários franceses dos anos 40.

Já Assistente do grande Mestre, no Instituto, não só deu mostra de sua grande aplicação e seriedade no preparo de sua tese, como num trabalho de ensino de alto nível científico e grande objetividade, com que ocupava seus alunos. Data desse tempo seus primeiros contatos com estudantes brasileiros de Geografia, que se aperfeiçoavam em Paris.

Seu brilhante doutoramento levou-o à cétedra na Universidade de Estrasburgo, onde foi suceder o grande mestre da Geografia Física Francesa, Henry Baulig.

Não houve, no entanto, apenas sucessões, pois, o espírito criador de Jean Tricart abriu na Universidade um série de iniciativas; algumas estruturais, como a criação do Laboratório de Geomorfologia Dinâmica e sua excelente revista; outras, na ativação da vida docente e discente, incentivando a pesquisa e sua aplicação, bem como oferecendo aos estudantes os mais avançados, possibilidade de viagens no País e ao exterior, em cumprimento de trabalho por ele mesmo coordenado.

A parte de abordagem de problemas de meio ambiente e recursos naturais foi, desde então, substancial, no conjunto de suas preocupações.

Com suas equipes, contribuiu decisivamente para esforços de interesse nacional do País, como na atualização da carta geológica da França e no projeto de defesa dos vales alpinos contra a erosão. Isso, sem contar com o que foi feito na África Ocidental e do Norte, sempre com a mobilização de seus estudantes, que com ele encontraram excepcionais oportunidades de aperfeiçoamento.

Grande número de, então, jovens profissionais brasileiros, do Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia, principalmente, integrou suas equipes em quase todos esses programas.

O professor Jean Tricart diz-se, na introdução de seu estudo, amigo do IBGE.

Com mais propriedade, poder-se-ia dizer que tem sido amigo dos brasileiros.

Sua presença entre nós, a par do contato com seus estudantes na França, tem sido freqüente desde o Congresso de 1956 da União Geográfica Internacional, no Rio de Janeiro, e dos cursos e trabalhos de campo que ministrou na antiga Universidade do Rio de Janeiro, hoje UERJ, em 1957.

Após isso, tem dado assistência quase contínua aos Departamentos de Geografia das Universidade Federal da Bahia e Federal Fluminense, entre os seguidos trabalhos que tem realizado nas Américas, em que se destacam os feitos no México, Peru e Chile.

Por seu alto padrão profissional, por sua enorme experiência nas aplicações da Ciência Geográfica e completo domínio do ambiente tropical, o professor Jean Tricart constitui-se em excelente escolha como força propagadora de conhecimentos modernos e atualizados sobre a natureza, estrutura e dinâmica do meio ambiente.

A publicação de seu estudo terá, entre outras, a significação de contribuir decisivamente para que o conhecimento possa orientar a ação e para que não se alarguem as distâncias entre o progresso cultural e as práticas humanas sobre nosso já tão maltratado território.

Sua brilhante inteligência nos entregará os frutos de seus longos anos de pesquisa e ensino que, em contato com o que têm tratado de fazer seus colegas brasileiros, talvez possam melhor orientar o uso dos recursos naturais no Brasil.

A recuperação das áreas mal trabalhadas e a não repetição dos erros já cometidos nas regiões a serem ocupadas ou de ocupação recente, constituem hoje um desafio à cultura brasileira, como forma elementar de conservação de um patrimônio que a sociedade nacional de nossos dias não tem mais o direito de depredar.

MIGUEL ALVES DE LIMA,
Geógrafo do IBGE

INTRODUÇÃO

Sou amigo do Brasil há cerca de vinte anos, desde que comecei a trabalhar neste País. Tive essa magnífica oportunidade no Congresso Internacional de Geografia, em 1956, organizado em grande parte pelo IBGE e apoiado nos trabalhos dos geógrafos desta instituição. Assim, sempre constitui para mim grande prazer retomar contato com os profissionais do IBGE, como também de outras instituições brasileiras.

As modestas palestras que proferi a convite da SUPREN, e que tive a satisfação de revisar para a publicação do presente livro, foram dedicadas a discutir conceitos básicos para o estudo de uma parte dos recursos naturais que preocupa o IBGE, como demonstra a organização de sua nova Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Limito-me, assim, a tratar dos recursos ecológicos — que muito interessam à SUPREN — deixando de lado os recursos geológicos.

Os recursos ecológicos são os elementos do meio ambiente necessários à vida animal do Homem, ou seja, ao metabolismo de seu organismo: alimentos, fornecidos pelas plantas e pelos animais, água, ar. Podem chamar-se recursos básicos, por serem estritamente indispensáveis. Um homem pode viver sem aço ou sem petróleo, mas não sem água, sem ar, sem alimento. Isto é evidente. Mas, infelizmente, é freqüente a instalação de fábricas que destróem o meio ambiente e tornam a vida humana quase impossível, para atender a uma finalidade apenas econômica. Como resultado, a opinião pública se tornou inquieta, reagindo e levantando problemas de "qualidade de vida", de poluição e defesa do meio ambiente.

O governo brasileiro acaba de adotar uma série de medidas importantes para incentivar o estudo desses problemas e controlar, em parte, as alterações do meio ambiente. Alguns Estados, como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, compartilham as mesmas preocupações.

Estudar os problemas do meio ambiente responde ao nosso conceito de que a ciência deve contribuir para o bem público. A metodologia a ser adotada é, necessariamente, a ecológica. Devemos estimar o impacto das ações técnico-econômicas do Homem sobre o ecossistema.

I

O CONCEITO ECOLÓGICO

A Ecologia tem por objetivo o estudo dos vários seres vivos em suas relações mútuas e com o meio ambiente. O homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do Homem. As interações são permanentes e intensas, qualquer que seja o nível de desenvolvimento técnico da sociedade humana. Essas interações afetam tanto o homem primitivo, que vive da caça e da pesca, quanto o homem da cidade industrial, cuja vida está ameaçada pelas doenças do coração e tem a saúde sob o risco permanente da poluição atmosférica.

Desde a lenta aparição do Homem como espécie animal, os ecossistemas foram por ele modificados, assim como ele foi influenciado em seu desenvolvimento físico, e até intelectual, pelo meio ambiente, ou seja, pelos demais componentes do ecossistema do qual participa. Os caçadores primitivos, utilizando o fogo como técnica de caça, já alteraram a vegetação, as populações de insetos, de répteis, de pequenos mamíferos, etc. Por isso, opor um "meio natural" a um "meio modificado pelo homem" nos parece não ter significado. Constitui má colocação do problema, que leva à discussão falsa. No momento atual, já não existe nenhum ecossistema que não seja modificado pelo homem, só que as modificações são de natureza diferente e de importância diversa. Uma atitude intelectual, mas objetiva, para a conservação ou planejamento consiste em distinguir uma *situação inicial*, como se fora livre de toda intervenção.

O conceito de ecossistema foi proposto por um inglês, Tansley, no ano de 1934. Mas isso não representou uma revolução, o surgimento de uma coisa inteiramente nova, de um dia para o outro. Essa idéia de ecossistema já existia e muitas pessoas haviam pensado em alguns aspectos do conceito, tal como foi definido por Tansley. Mas, seu mérito foi sistematizar esse conceito. A definição dada por Tansley é a seguinte: O ecossistema é um conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem.

Fig. 1 — Vegetação de cerrado, queimada, perto de Oriximiná, Pará.

A foto ilustra o conceito de ecossistema. Trata-se de área de areias brancas, quartzosas, muito pobres em minerais, que afloram num tabuleiro, com vegetação de biomassa reduzida, provavelmente relicta, permanecendo desde o último período seco em desequilíbrio com o clima. Essa vegetação de arbustos sofre um regime híbrico deficiente e pode se incendiar com facilidade: o carvão que recobre e escurece o chão atesta incêndio recente, por certo acidental, pois o terreno não se presta para lavoura, nem pastoreio. A vegetação está em recuperação após a queima, mas, ainda, permanecem manchas de solo nu, sobre as quais age erosão pluvial. A falta de inclinação não favorece o escoamento, o que determina uma instabilidade apenas moderada. Crescem bromeliáceas como plantas pioneiras, que requerem boa insolação e vegetam em solos pobres. No fundo, arbustos espinhosos, formando vegetação fechada, densa, como uma caatinga. É este tipo de vegetação relictual que reocupa os espaços abertos pelo fogo. Esse exemplo mostra a interdependência dos vários componentes do ecossistema e o papel que nele desempenha a morfodinâmica. Demonstra, também, a influência do passado sobre os ecossistemas atuais e sua dinâmica. Foto J. Tricart.

Do ponto de vista da metodologia, o conceito de ecossistema se apóia num tipo de raciocínio elaborado pelos físicos há quase 200 anos e aplicado à termodinâmica. Lembraremos somente que um *sistema* é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como conseqüência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema.

Cada um dos fenômenos incorporados num sistema, geralmente pode ser analisado, ele mesmo, como um sistema. Convencionalmente, denomina-se *subsistema*. Não há limite inferior para a descoberta de novos subsistemas: os estudos sobre os componentes da matéria sempre descobrem novas partículas, cada vez menores. O limite superior é o universo. Dessa forma, o conceito lógico de sistema é de aplicação universal. As relações mútuas entre os subsistemas definem uma certa taxonomia desses subsistemas.

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise — que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação — e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, pòr natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação — o que não é o caso de um inventário, por natureza estático.

A adoção do conceito de sistema pela ecologia, com a elaboração da noção de *ecossistema,* permitiu a integração de conhecimentos anteriormente isolados, dispersos em vários capítulos nos livros de botânica e zoologia. Além disso, essa adoção permitiu o desenvolvimento de uma nova maneira de abarcar os problemas e, por conseqüência, incentivou o desenvolvimento de novas pesquisas. Um efeito idêntico de fertilização pode ser proveitoso para a geografia física, cujos diversos ramos oferecem uma imagem de pulverização estéril. De fato, a maior parte das diversas disciplinas que integram a geografia física tem por objeto o estudo do meio ambiente, incluído na noção de ecossistema. Para nós, compreendida dessa maneira, a geografia física é um aspecto da ecologia.

A orientação metodológica por nós proposta oferece duas vantagens:

a) Melhorar a geografia física, corrigindo o excesso unilateral da atitude analítica, da qual sofreu, isolando-se cada vez mais das outras ciências e permanecendo uma disciplina por demais acadêmica. Ao lado das pesquisas analíticas, devemos desenvolver uma geografia física geral, cooperando com a ecologia no estudo do meio ambiente e, por conseqüência, útil e apta como base de muitas atuações práticas.

b) Reequilibrar a própria ecologia. Na verdade, quase todos os ecólogos se formaram inicialmente como botânicos ou zoólogos, à base de sistemática e de fisiologia. Em decorrência disso, eles pesquisaram mais as

relações mútuas entre seres vivos do que as vinculações entre esses seres e o seu meio ambiente. Não devemos criticá-los: faltou-lhes o apoio da geografia física, pulverizada e totalmente alheia aos aspectos ecológicos.

Para estudar as relações entre os seres vivos e o meio ambiente, necessita-se de estreita cooperação entre os especialistas em biocenoses [1] e ecótopos, [2] dentre os quais os geógrafos físicos. Um aspecto de interesse especial dessa cooperação será o de poder dar melhores respostas às perguntas dos governos conscientes das inquietações da opinião pública.

A aplicação do conceito de sistema aos problemas do meio ambiente pode ser visualizada de maneira mais concreta no exemplo, aqui apresentado, de um diagrama do fluxo da energia da radiação solar nesse meio.

A energia da radiação solar não é a única que alimenta os fenômenos ambientais. Ao seu lado atua também a energia da gravidade. Mas, o nosso estudo não pode basear-se na energia da gravidade porque ela se manifesta de maneira quase uniforme na superfície terrestre: as variações do coeficiente de aceleração da gravidade (g) são pequenas e sem efeito apreciável. Por outra parte, a energia da radiação é a única aproveitada diretamente pelos seres vivos, ou seja pelas plantas, na fotossíntese. Por isso, os ecólogos chamam as plantas, com toda a razão, de *produtores primários.* Elas constituem a base da pirâmide trófica, o ponto de partida das cadeias alimentares. Portanto, um diagrama do fluxo da energia solar permite estabelecer a estrutura do sistema *meio ambiente*.

A — NÍVEL DA ATMOSFERA

O diagrama de fluxo (Fig. 2) se limita à entrada do fluxo na atmosfera terrestre. Nesse ponto, já foi eliminada uma parte importante da emissão: corpúsculos α e β e raios gama, que não atravessam os anéis de Van Allen, provocados pelo campo magnético terrestre.

A fração da radiação solar que penetra na atmosfera terrestre é parcialmente interceptada por ela, o que significa que lhe transmite energia, principalmente sob a forma de aquecimento. Uma parte da energia absorvida pela atmosfera (8%) volta ao espaço, em forma de radiação. A energia restante alimenta a circulação atmosférica, como conseqüência do aquecimento desigual das massas de ar. A esse nível intervém a gravidade, em decorrência da diferença de densidade do ar frio e quente.

Lembramos, também, que essa transmissão de energia da radiação é diferencial sob dois aspectos:

a) A absorção atmosférica varia para as ondas de comprimento diverso. Por exemplo, no infravermelho térmico, só chegam à superfície terrestre as ondas compreendidas entre 3,5 e 5 milimícrons e entre 8 a 14 milimícrons. As ondas de comprimento intermediário são absorvidas por

---

[1] Biocenose: conjunto dos seres vivos de um ecossistema.

[2] Ecótopo: meio ambiente de um ecossistema.

RADIAÇÃO SOLAR
ATMOSFERA
TERRESTRE
Absorção parcial e diferencial
Circulação atmosférica
Condensação
Vento
Precipitações
Cobertura vegetal
Utilização parcial pela fotossíntese
Elaboração de hidratos de carbono
Aquecimento provocando a transpiração
Intercepção modificando a energia cinética
Dispersão de energia devido à rugosidade
Superfície do solo
Erosão pluvial
Escoamento
Ações eólicas
BIOSFERA
LITOSFERA
Solo
Alimentação dos organismos do solo
Extração de água do solo
Infiltração da água por gravidade
Pedogênese
Alterações
Movimentos de massa
Extravasamento
Fenômenos cársticos
Fenômenos que se processam na cobertura vegetal
Fenômenos dependentes da energia da gravidade

Fig. 2

vários gases, principalmente gás carbônico e vapor de água. Chamam-se "janelas" (*windows*) os comprimentos de onda que permitem a transmissão da radiação pela atmosfera. Elas são utilizadas pela teledetecção.

b) Como conseqüência da inclinação do eixo polar sobre o plano da eclítica, a intensidade do fluxo radiativo varia de maneira combinada com a latitude e a estação do ano. Em média anual, essa intensidade no Pólo é igual a 60% da verificada no Equador.

Sintetizamos esses fenômenos na expressão *absorção parcial e diferencial* pela atmosfera terrestre. São fenômenos complexos, que têm sido objeto de muitos estudos. Tomamos em consideração somente o seu efeito global, sem entrar em detalhes. Do ponto de vista da informática, tratamos esse *subsistema* como uma *caixa negra*.

Por seu turno, a circulação atmosférica — conseqüência da absorção parcial e diferencial de energia pela atmosfera terrestre — permite o fenômeno da condensação da umidade atmosférica pelo contato de massas de ar de temperatura desigual. Em certos casos, enseja a formação de precipitações. As gotas de água da chuva e os cristais de gelo da neve caem, atraídos pela gravidade terrestre. Outra manifestação concreta da circulação atmosférica é o vento. Todos esses fenômenos aparecem no gráfico de fluxos também como subsistemas, tratados como *caixas negras*. As setas indicam a transmissão de energia.

Vamos deixar agora o nível "atmosfera terrestre", no qual se localizam esses diversos fenômenos, para entrar num nível mais baixo, o da cobertura vegetal.

B — NÍVEL DA PARTE AÉREA DA VEGETAÇÃO

1 — Fotossíntese

A fração luminosa do espectro electromagnético solar, chegando às folhas das plantas, é "aproveitada" por elas para a *fotossíntese*. A partir dessa energia e do carbono do gás carbônico do ar, a fotossíntese elabora hidratos de carbono, que constituem a parte predominante dos tecidos vegetais.

Para os ecólogos, a fotossíntese é a base de toda a vida. Com muita razão, eles chamam as plantas de produtores primários, ou seja, organismos capazes de elaborar hidratos de carbono em forma de células, a partir de matéria mineral e de energia da radiação. Os animais não são capazes disso. E toda a vida se fundamenta nesse fenômeno da fotossíntese porque os tecidos das plantas são a fonte de energia dos herbívoros, que delas se alimentam. Os herbívoros vivem necessariamente à custa da fotossíntese das plantas. Os carnívoros aproveitam as carnes elaboradas pelos herbívoros, etc. Assim se formam as *cadeias alimentares*, ou *níveis tróficos*. Convencionalmente a energia contida na alimentação dos diversos seres

vivos é estimada em calorias – uma referência ao papel pioneiro desempenhado pelos físicos na elaboração do conceito de sistema (termodinâmica).

A fração da energia do espectro eletromagnético solar captada pelas plantas para a fotossíntese é sumamente pequena. As ondas inferiores a 0,7 milimícron, seja o visível e o ultravioleta, formam somente a metade da energia total do espectro. Dentro do visível, a fotossíntese utiliza somente entre 1% e 1,2% da energia disponível em ecossistemas com grande biomassa vegetal, sem limitações sérias para o desenvolvimento das plantas (por exemplo, ecossistemas de ambiente pantanoso, na Flórida, EUA, ou selva ombrófila intertropical). Em ecossistemas com biomassa vegetal mais reduzida, a proporção é ainda menor. Podemos admitir como média máxima a proporção de 1% da energia luminosa do espectro como aproveitada pela fotossíntese, e muito menos na maioria dos casos.

Essa média máxima de menos de 0,5% da energia total do espectro eletromagnético utilizada para o funcionamento de toda a vida vegetal e animal deve ser objeto de meditações para nós. Significa que mais de 99,5% da energia total de radiação serve para outros fins e está disponível para fazer funcionar outros fenômenos. Quais são?

2 – Radiação absorvida pelas plantas

Uma fração da radiação é absorvida pelas plantas. Trata-se essencialmente das ondas térmicas (infravermelho). O infravermelho próximo, "fotográfico", é intensamente refratado, fazendo com que nas fotografias de infravermelho em preto-e-branco a vegetação apareça com matizes cinza muito claros. O infravermelho térmico provoca aquecimento dos tecidos vegetais, que pode ocasionar lesões, quando intenso demais. As plantas têm que se proteger contra a elevação excessiva de temperatura; e o fazem, como os animais, mediante o consumo de energia provocado pela evaporação: elas transpiram como nós.

A transpiração das plantas exige energia. Ela se processa em detrimento da elaboração de tecidos, ou seja provocando diminuição da produtividade das plantas. Um aspecto do consumo de energia originado pela transpiração é a ascensão da água desde o solo, onde as raízes a encontram, até as folhas das partes altas das plantas. Essa elevação tem que compensar a atração da gravidade. A transpiração provoca, assim, fluxos da água anteriormente infiltrada no solo, depois extraída e enviada à atmosfera em forma de vapor. Tal movimento influi na pedogênese e se tabula, do ponto de vista da hidrologia, no déficit de escoamento.

Em ecossistemas com biomassa vegetal abundante, como o de Silver Springs (pântanos da Flórida) ou uma selva ombrófila tropical, a intercepção da radiação térmica solar chega até, aproximadamente, 25% da energia total da radiação ao nível da parte superior da cobertura vegetal. Em nosso organograma de fluxos, a energia utilizada pela fotossíntese, como também a absorvida pelas plantas, são indicadas como subsistemas e, no mesmo momento, como *caixas negras*.

A absorção de 25% (máximo) da energia do espectro pelas plantas deixa disponível uns 75% da mesma energia para alimentar outros fenômenos, entre os quais se encontra o aquecimento do solo e do subsolo, que representa, finalmente, uma certa quantidade de energia posta à disposição dos processos de pedogênese e de meteorização das rochas. Ademais, os 25% captados pelas plantas participam também, parcialmente, da pedogênese por intermédio dos fluxos de água gerados no solo pela transpiração das plantas.

Encontramos, novamente, esses fenômenos quando nos referirmos aos processos que afetam o solo.

3 — Intercepção das precipitações

As precipitações integram duas fontes de energia: a da radiação solar, que permite a evaporação e os movimentos das massas de ar, e a energia da gravidade, que determina a queda, uma vez que os núcleos de condensação tenham chegado a tamanho tal que não possam se manter em suspensão no ar.

As gotas de chuva — para nos limitarmos a esse caso — chegam à superfície terrestre com a velocidade-limite de queda livre, permitida pela resistência do ar. Essa velocidade, para as gotas de maior tamanho, só é adquirida depois de uns nove metros de queda. Por conseguinte, as gotas são carregadas de certa quantidade de energia cinética que, ao caírem, transmitem às partes aéreas das plantas. Às vezes, essa energia pode provocar danos nas folhas, quebrar pequenos ramos, mas isso consome pouca energia. Podemos considerar que o impacto das gotas sobre as plantas tem como efeito a dispersão de energia cinética. Não produz nenhum trabalho, na acepção mecânica.

Outro fenômeno ocorre, no entanto, quando a chuva cai sobre a vegetação. A superfície das folhas oferece muitas irregularidades, o que se chama *rugosidade* alta. As primeiras gotas são retidas por essas irregularidades. Somente depois as gotas seguintes podem escoar ao longo das folhas e pequenos ramos, até certos pontos onde uma inversão da pendente provoca sua queda, em forma de goteiras. Depois da chuva, a quantidade de água que foi necessária para molhar as folhas não cai no chão. Ela evapora e se reintegra diretamente na atmosfera. Registrada pelos pluviômetros, ela não aparece na vazão dos rios e faz parte do déficit de escoamento. Isto é a *intercepção* dos hidrólogos. Do ponto de vista do fluxo de energia, ela corresponde a uma dispersão de energia pelas partes aéreas dos vegetais.

Consideramos, agora, as goteiras. A energia cinética é função da massa e da velocidade ($0{,}5\ m.v^2$). No caso das gotas, a velocidade de queda é proporcional à massa e à altura, se não for realizada a velocidade-limite.

Quando não há intercepção energética pela cobertura vegetal, as gotas sempre chegam ao solo com a velocidade-limite, o que significa com a maior energia possível em função do tamanho das gotas, ou seja em

função da intensidade da precipitação. Esse caso é indicado no diagrama (Fig. 2), onde se interrompe a figuração da cobertura vegetal.

No caso das goteiras, as coisas se passam de modo diferente. A cobertura vegetal modifica a precipitação. Às vezes se formam goteiras quando não se registram precipitações nos pluviômetros. Isto ocorre por efeito da condensação da neblina sobre as plantas. Deste fenômeno resulta a manifestação de uma certa energia de gravidade ao contato do solo. Mas, geralmente, a intercepção hidrológica diminui a energia cinética das gotas de chuva.

Por outro lado, intervém a altura da queda das goteiras. Isto é um problema de fisionomia da cobertura vegetal. Existem nas formações vegetais muitas árvores que têm mais de nove metros de altura, e muitas com um porte tal que quase todos os galhos e folhas estão acima dessa altura. Assim, quando a chuva cai sobre esse tipo de árvores grandes, forma goteiras que chegam à superfície do solo com a velocidade-limite de queda livre.

No caso de formações vegetais com muitos estratos de alturas diferentes, freqüentemente essas goteiras caem sobre arbustos e daí sobre o estrato herbáceo, o que configura a situação anterior de dispersão de energia sem produzir trabalho. De fato, as folhas de muitas ervas apresentam nervura central em forma de canaleta, que concentra o escoamento das gotas até a haste da planta, de onde a água pode se infiltrar diretamente na terra.

Note-se a grande diversidade do papel desempenhado pela cobertura vegetal quanto ao aspecto energético da intercepção. Existem dois casos extremos:

a) A cobertura vegetal consiste somente de árvores grandes sem sub-bosque. Não há dispersão da energia cinética das goteiras. Por vezes, a transmissão de energia ao solo pode ser superior à que se observaria ao ar livre, como resultado da formação de goteiras por condensação direta sobre as árvores. Este fato compensa a intercepção hidrológica, e foi observado nas plantações de café da Colômbia, sob árvores de sombra, no andar altitudinal da selva nublada.

b) A cobertura vegetal apresenta um estrato herbáceo contínuo. A dispersão da energia cinética é quase total, sendo importante a infiltração.

Todos esses fatos oferecem grande interesse para o planejamento. A melhor proteção do solo é realizada com a cobertura contínua de capim. Os engenheiros de estradas revestem os taludes com placas de capim, para protegê-los contra a erosão. Ao contrário, certos reflorestamentos, como os de eucaliptos e alguns *Pinus*, impedem o crescimento do estrato herbáceo e permitem uma intensa transmissão de energia à superfície do solo, com erosão pluvial e escoamento. A dinâmica do ecossistema é totalmente alterada, em sentido desfavorável.

4 — Efeito da rugosidade da vegetação

O último aspecto da influência da parte aérea da vegetação sobre a dinâmica do ecossistema é a dispersão parcial da energia do vento. A cobertura vegetal freia o vento e aumenta a turbulência da passagem do ar. Isso é um efeito da rugosidade, que geralmente resulta em dispersão da energia, eliminada sem produzir nenhum trabalho. Quando o vento é muito forte, quebra folhas e galhos, o que diminui, ligeiramente, a produtividade da vegetação. Nos casos extremos, árvores são flageladas, mas isto pouco representa no balanço global. Ao contrário, nos espaços sem vegetação, o vento pode remover partículas minerais, originando tempestades de pó e a formação de campos de dunas. A instabilidade desse meio ambiente opõe severas limitações ao crescimento da vegetação, valendo por uma retroação positiva: ela tende a manter o solo desnudo, o que favorece as ações eólicas, etc.

C — NÍVEL DA SUPERFÍCIE DO SOLO

Esse nível se caracteriza por uma importante bifurcação nos fluxos hídricos. A água se infiltra e pode, assim, participar da elaboração dos solos e da alimentação das plantas (e de todo o ecossistema) ou, ao contrário, escoa, voltando rapidamente ao oceano. Do ponto de vista ecológico, como do planejamento, essa interação se reveste da maior importância.

O escoamento superficial ocorre quando a água não pode mais se infiltrar. Em alguns casos, isto se deve ao fato do solo já estar saturado, com todos os poros cheios de água, e se verifica principalmente em solos argilosos, com poros muito pequenos; não sendo o jeito mais freqüente. Na maior parte dos casos, o escoamento decorre do fenômeno da erosão pluvial.

A *erosão pluvial* é o fenômeno de destruição dos agregados do solo pelo impacto das gotas da chuva. O solo se constitui, em grande parte, de agregados ou partículas formadas por fragmentos minerais amalgamados com diversas matérias, sendo mais comuns a matéria orgânica, argila, carbonato de cálcio, óxido de ferro. A resistência mecânica dos agregados, chamada pelos pedólogos "estabilidade estrutural do solo", depende da ligação dos agregados. O sal, por exemplo, que provoca dispersão das argilas, é muito desfavorável a essa resistência. O carbonato de cálcio, ao contrário, a aumenta.

A erosão pluvial é função, por um lado, da enèrgia cinética das gotas e, por outro, da resistência mecânica dos agregados. Esta depende das características do solo, elas mesmas influenciadas, em parte, pela natureza do material original do solo. As práticas agronômicas podem melhorar ou

destruir a resistência mecânica dos agregados. Ela melhora, por exemplo, com a introdução de matéria orgânica (detritos vegetais, esterco), mas é destruída pela compactação por máquinas pesadas ou pelas queimas. O manejo agronômico das terras constitui fator importante da erosão pluvial e, por efeito da erosão, representa parte significativa da dinâmica do ecossistema, principalmente do regime dos rios.

A força de impacto das gotas (energia cinética) depende das características das precipitações — que não podemos alterar eficazmente — e da cobertura vegetal que entra no manejo. O impacto da gota, quando carregada de energia suficiente, provoca a fragmentação dos agregados como uma pequena explosão. Partículas minerais separadas da liga saltam em todas as direções e caem no solo. A água que se infiltra, as carreia para os poros do solo que assim se obstruem depois de certo tempo. A superfície do solo se impermeabiliza. Depois da chuva, a decantação das partículas minerais mobilizadas e concentradas nas depressões da superfície dão-lhe aparência lisa e bem unida, brilhante, muito característica.

A impermeabilização da superfície do solo como conseqüência da erosão pluvial é o principal fator do escoamento superficial. Ela permite esse escoamento mesmo sobre um solo que esteja longe de ser saturado, no qual restam muitos poros ainda não cheios de água, ou seja, um solo cuja capacidade de armazenamento hídrico ainda não foi inteirada. Do ponto de vista ecológico, isso é contraproducente. Significa que esse solo não realiza toda a sua capacidade potencial de retenção de água e que a vegetação não pode utilizar muita água entre os períodos de chuvas, por insuficiência das reservas. Em outras palavras: como conseqüência da erosão pluvial, exacerba-se o impacto das deficiências das precipitações. Além disso, a pedogênese é contida por falta de água e a produtividade vegetal diminui. Por isso se adota uma série de práticas agronômicas tradicionais com o objetivo de aumentar a permeabilidade do solo depois das chuvas (sacha, gradagem, destorroamento).

A erosão pluvial é impedida, ou pelo menos muito retardada, por uma cobertura vegetal herbácea densa e por uma camada de detritos vegetais, principalmente folhas mortas. A permanência desses detritos vegetais depende da produtividade da vegetação e da velocidade de sua destruição pelos agentes redutores (microorganismos, cupins, outros insetos, vermes, etc.).

A cobertura vegetal intervém, portanto, de duas maneiras principais no que concerne à erosão pluvial e, por conseqüência, no regime hídrico do ecossistema:

a) pela intercepção das precipitações, com os seus dois aspectos: hidrológico e energético;

b) pelo fornecimento à superfície do solo de detritos vegetais, que desempenham papel amortecedor (absorção de energia).

D – NÍVEL DA PARTE SUPERIOR DA LITOSFERA

Na parte superior da litosfera os fluxos de energia tomam os seguintes aspectos principais:

a) Provimento de detritos vegetais, onde existe cobertura vegetal. Eles constituem a alimentação de todo um mundo de seres unicelulares, de insetos e até de pequenos mamíferos (ratos). Esses seres os transformam e produzem gás carbônico através da respiração, ácidos orgânicos, etc. Todas substâncias solúveis na água, formando soluções aptas a reagir com vários minerais das rochas.

b) Fluxos de água determinados pela gravidade, no sentido da produtividade, e em sentido contrário, ascendente, pela extração da água do solo através das raízes e a subseqüente evaporação física. Essa água serve de veículo a todos os elementos dissolvidos.

c) Fluxos de energia, sobretudo em forma de calorias, geradas principalmente pela penetração, em profundidade, da radiação solar e, em quantidade menor, pela própria emissão da terra em direção do espaço. Esse calor favorece a maior parte das reações químicas e todos os fenômenos biológicos (metabolismo dos organismos redutores).

As conseqüências desses fluxos de energia na parte superior da litosfera são:

- A pedogênese que, em princípio, consiste na transformação específica de matéria mineral das rochas pelos efeitos da vida.
- A meteorização das rochas e dos minerais do solo, com seus vários aspectos puramente físicos, químicos e, sobretudo, bioquímicos. Essa meteorização transforma as rochas em material distinto, as formações superficiais.
- Certos processos morfogênicos, como a sufusão, as ações cárstiscas, os movimentos de massa.

Todos esses processos têm lugar somente quando existe infiltração de água. Devemos considerá-los, portanto, como antinômicos da erosão pluvial e do escoamento superficial. Isso oferece algumas conseqüências práticas muito importantes: quando se realizam obras para aumentar a infiltração à custa do escoamento, como banquetas, deve-se prestar atenção aos tipos de meio ambiente para não provocar o desencadeamento de movimentos de massa (desmoronamentos, fluxos de barro etc.). A construção de terraços em certas condições geomorfológicas oferece grande perigo.

CONCLUSÃO

A adoção do conceito ecológico, usando-se o instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente. Podemos reequilibrar, dialeticamente, nosso pensamento científico, alterado e viciado pelo excesso unilateral da análise. Do ponto

de vista prático, essa metodologia responde às necessidades do mundo contemporâneo. Uma consciência mais aguda das interações entre os vários elementos do meio ambiente é necessária para evitar, no planejamento, conseqüências inesperadas, geralmente originando dificuldades e custos maiores, e até fracassos em alguns casos.

No momento atual, não podemos ainda elaborar um sistema de gráficos com a quantificação das várias interações e dos vários fluxos de energia/matéria. Faltam para isso muitas medições, em parte dificílimas de realizar. Mas o conceito de sistema oferece a vantagem de se poder aplicar, já com dados somente qualitativos, o que tentamos fazer. Uma vez estabelecida a estrutura do sistema, o conhecimento dos fluxos facilita as medições e põe em evidência o significado das medições feitas e sua interpretação. Para nós, isso é de importância fundamental para realizar-se uma quantificação correta.

Os fluxos de energia que acabamos de expor demonstram que a maior parte da energia da radiação solar fica disponível para alimentar o funcionamento dos vários mecanismos ambientais. A ela se adiciona a energia da gravidade, contraproducente nos organismos (a circulação da seiva e do sangue se realiza contra ela, bem como grande parte dos esforços musculares).

O componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogênico. Os processos morfogênicos produzem instabilidade da superfície, que é um fator limitante muito importante do desenvolvimento dos seres vivos. Do ponto de vista ecológico, a morfodinâmica é uma limitação. Onde a morfodinâmica é intensa — por exemplo, num campo de dunas ou em área de intenso ravinamento — a vegetação é pobre e muito aberta, com biomassa reduzida e pouca variedade específica. Existe, portanto, uma antinomia entre a morfodinâmica e o desenvolvimento da vida. Um dos objetivos da administração e ordenamento do meio ambiente é, necessariamente, diminuir a instabilidade morfodinâmica.

De tudo isso decorre, tanto do ponto de vista fundamental quanto sob o aspecto prático, a necessidade de se estabelecer uma taxonomia dos tipos de meios ambientes fundada no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica. Em particular, essa maneira de abarcar o estudo responde às exigências de uma conservação-restauração dinâmica dos recursos ecológicos.

II

ECODINÂMICA E PROBLEMAS DO MEIO AMBIENTE

Nossa metodologia é baseada no estudo da dinâmica dos ecótopos, que chamaremos de *ecodinâmica*. A dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos quanto a dinâmica das próprias biocenoses. Ambos os aspectos da dinâmica dos ecossistemas são estreitamente relacionados entre si. Vamos mostrá-lo com a apresentação de um exemplo: um campo de dunas vivas.

Os campos de dunas somente podem formar-se sobre material arenoso. Desse modo, eles coincidem com uma unidade litológica que oferece condições edáficas bem específicas para o ecossistema. Sendo móvel, a areia pode ser deslocada pelo vento. Mas, por outro lado, por uma retroação positiva, a ação do vento que movimenta a areia melhora a sua classificação granulométrica, deixando no lugar original as pedras que ele não pode remover e carreando em suspensão a fração limosa, menos pesada. Com o tempo, a areia movimentada se torna gradativamente mais homométrica.

Como conseqüência da seleção granulométrica, e da falta de partículas limosas, a capacidade de retenção desse material é quase nula. Isso gera uma limitação ecológica muito severa. Poucas espécies vegetais podem viver nessas condições. A limitação afeta, sobretudo, o processo de reprodução das plantas: as plântulas germinadas das sementes não podem se alimentar com água por falta de um sistema radicular suficientemente desenvolvido. Essa limitação enseja outro tipo de reprodução: a reprodução por mergulhia natural, na qual um novo galho brotado sobre a planta-mãe se transforma, com o tempo e certas circunstâncias, numa nova planta.

A dinâmica específica do campo de dunas oferece, justamente, essas condições favoráveis. Portanto, o movimento crônico da areia provoca freqüentemente o sepultamento de galhos, o que permite o fenômeno da mergulhia natural. Nessas condições, as plantas que se reproduzem por sementes enfrentam condições de vida e de reprodução muito mais desfavoráveis do que as plantas aptas para a mergulhia natural. Estas últimas

eliminam as outras facilmente. A conseqüência dessas limitações ecodinâmicas é uma biocenose pobre em espécies. Por outro lado, o fator edáfico (capacidade de retenção quase nula) dificulta a nutrição das plantas, tanto em água quanto em elementos minerais, pois as areias dos campos de dunas são constituídas essencialmente por grãos de quartzo. Por isso a biomassa vegetal é pequena, com vegetação muito aberta. Por uma retroação positiva, ela não freia o vento e não prejudica a movimentação da areia. Existe, assim, uma adaptação mútua entre o material rochoso, os processos morfodinâmicos e a biocenose.

Essa adaptação também afeta certas características anatômicas da vegetação. O impacto dos grãos de areia arrastados pelo vento poderia ferir os galhos e folhas. Esses órgãos, para se defenderem, são lenhosos e resistentes. As folhas são muito reduzidas. A maior parte da clorofila se encontra na córtex dos galhos. As raízes, também, são bem protegidas e capazes de se revestir rapidamente de córtex, quando desnudadas pela deflação. Como conseqüência da instabilidade que altera permanentemente a superfície topográfica, o mesmo pedaço de planta pode se transformar, rapidamente, seja em galho seja em raiz e, neste caso, servir para a reprodução. Poucas espécies oferecem essa extraordinária plasticidade anatômica: eis porque os campos de dunas se caracterizam por nítida pobreza específica.

Uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. O exemplo analisado é simples e com severas limitações. Geralmente, a morfodinâmica é o elemento determinante, como nesse exemplo. A morfodinâmica depende do clima, da topografia, do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros.

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. Portanto, é completamente distinto do ponto de vista estático do inventário. Um inventário pode ser útil para a ordenação e administração do território, mas, somente quando se trata de recursos não renováveis, como os minerais. Não é adequado para os recursos ecológicos. Com efeito, a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Isso significa determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação. Esse tipo de avaliação exige bom conhecimento do *funcionamento* do ecossistema, ou seja, dos fluxos de energia/matéria que o caracterizam. Um inventário não pode fornecê-los, exatamente como um único censo de população não permite definir a dinâmica dessa população.

A utilização do instrumento lógico dos sistemas permite identificar rapidamente quais vão ser as modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção que afeta tal ou qual outro elemento do ecossistema.

Geralmente as intervenções afetam a cobertura vegetal. Já temos visto que isso repercute sobre:

- A energia da radiação que alcança o solo e, por sua vez, as temperaturas do solo, com efeitos sobre a respectiva flora e fauna, a mineralização dos húmus, a nitrificação, etc., ou seja, a fertilidade deste solo.
- A queda de detritos vegetais na superfície do solo e, em conseqüência, a nutrição dos organismos redutores, a estrutura do solo e sua resistência à erosão pluvial, e, por conseguinte, o regime hídrico e a reciclagem dos elementos minerais pelas plantas.
- A intercepção das precipitações, ou seu tempo de concentração, e a energia de impacto das gotas, que determinam a possibilidade de erosão pluvial. Novamente chegamos assim ao regime hídrico.
- A proteção do solo contra as ações eólicas, capazes de intensa degradação das terras.

Aparece de novo, claramente, o antinomismo entre a cobertura vegetal, constituída de produtores primários e base de todo o ecossistema, e a morfodinâmica, fator limitante dos ecossistemas. O escoamento torrencial provocado pela erosão pluvial e o desaparecimento da intercepção pela vegetação fazem com que a água deixe de ser um recurso, capaz de alimentar as plantas, os animais e os homens, por meio das fontes e poços, entre os períodos de chuvas, para se tornar destrutiva, causando danos pelas inundações, a devastação de terras, colheitas, obras públicas, prédios e até de vidas humanas. Ao contrário, a água que se infiltra, armazenada no solo, alimenta as plantas; acumulada nas zonas de alteração e nos aquíferos, é protegida em grande parte contra a evaporação, num armazenamento gratuito e mais eficaz do que num açude onde a evaporação muito maior pode provocar a concentração de sais, como ocorre no Nordeste brasileiro. Aquele armazenamento gratuito permite a restituição da água nos períodos de estiagem, quando ela tem alto valor econômico na alimentação de sistemas de irrigação e centrais hidrelétricas, no abastecimento da população e das indústrias.

Então, a partir da modificação da cobertura vegetal, modificamos o valor econômico da água, modificamos a pedogênese etc. Modifica-se a cobertura vegetal de uma bacia com finalidade puramente agrícola, e nesse momento modifica-se o regime dos rios e uma cidade carece de água, vendo-se obrigada a construir uma represa artificial para se abastecer.

A maneira dinâmica de abarcar os problemas permite, por conseguinte, introduzir critérios de ordenação e gestão do território. A decisão, naturalmente, é do poder público — que, antes de decidir, deve estar ciente das conseqüências de suas decisões.

III

CLASSIFICAÇÃO ECODINÂMICA DOS MEIOS AMBIENTES

A ótica dinâmica impõe-se em matéria de organização do espaço. Com efeito, esta não consiste na intervenção em um meio inerte, que leva em consideração dados imutáveis, definidos uma vez por todas, como sugere o termo *inventário*, ainda freqüentemente usado. A ação humana é exercida em uma Natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, a complexidade. Não podemos nos limitar à descrição fisiográfica, do mesmo modo que o médico não pode se contentar com a anatomia. Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a explotação dos recursos ecológicos que o meio oferece.

A ótica dinâmica deve ser o ponto de partida da avaliação, devendo guiar a classificação dos meios no nível taxonômico mais elevado. Em nosso quadro sinótico (coluna I) o aspecto dinâmico é levado em consideração na primeira coluna, à direita. Fomos levados a distinguir três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: meios estáveis, meios *intergrades* e os fortemente instáveis.

A — OS MEIOS ESTÁVEIS

Esta noção de estabilidade aplica-se ao modelado, à interface atmosfera-litosfera. O modelado evolui lentamente, muitas vezes de maneira insidiosa, dificilmente perceptível. Os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. Somente medidas precisas, difíceis de realizar, podem colocá-los em evidência. A evolução é suficientemente lenta dando margem para que os geomorfólogos hesitem sobre suas características. — As vertentes recuam conservando aproximativamente os mesmos declives ou são suavizadas com o tempo? Na ausência de medidas que conduzam a resultados claramente interpretáveis, a maior parte dos autores limita-se a considerações teóricas, estabelecendo modelos que não fazem mais do que desenvolver concepções pessoais altamente intuitivas.

A característica essencial desse tipo de meio é, com a lenta evolução, a constância dessa evolução, resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzam por manifestações catastróficas. As condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas designam pelo termo *clímax*. Parece-nos, no entanto, que esta idéia deveria ser apoiada em observações precisas de que tais meios morfodinâmicos devem estar sempre associados a formações vegetais climácicas. Estas são realizadas muito mais rapidamente do que um modelado climácico, pois a aparição deste modelado requer uma certa permanência no sistema morfogenético que implica em uma vegetação climácica.

Os meios morfodinamicamente estáveis encontram-se em regiões dotadas de uma série de condições:

— cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;

— dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem sapeamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução;

— ausência de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos.

De maneira geral, as relações complexas se estabelecem entre essas diversas condições, comportando mecanismos de compensação e auto-regulação. Em geral, uma dissecação moderada afeta essencialmente regiões tectonicamente calmas desde longo tempo, enquanto as áreas solevadas mostram tendência nítida à incisão dos cursos d'água que acentuam os declives das encostas e aceleram a evolução. Porém, o fator litológico pode compensar, em uma certa medida, os efeitos da tectônica, defasando, de modo perceptível, a incisão dos cursos d'água em relação ao solevamento tectônico que o engendra. O caso é freqüente nas regiões quentes e suficientemente úmidas, onde as rochas são maciças e dão origem a rios rápidos e quedas d'água. Uma cobertura vegetal em tufos pode manter em relativa estabilidade vertentes muito íngremes, como os flancos das meias-laranjas do modelado cristalino tropical úmido.

A importância da cobertura vegetal foi estudada pelo pedólogo H. Erhart e posta em evidência pelo termo *bioestasia*. Este termo não é feliz por ser muito genérico. Com efeito, as biocenoses associam plantas e animais. Os animais não têm nenhuma importância estabilizadora, pois, contrariamente, os vermes mobilizam o solo, levando para a superfície materiais mais profundos, expondo-os ao impacto das gotas de chuva e ao escoamento. O mesmo ocorre em relação às térmitas, formigas, animais que escavam a terra, de todos os tamanhos. Somente as plantas, no conjunto, possuem efeito estabilizador pela função de anteparo aos fluxos de radiação e às gotas da chuva, e pelo efeito frenador sobre o vento. Substituiríamos o termo *bioestasia* por *fitoestasia*, mais preciso e mais justo.

Todas as regiões em estado de fitoestasia entram nesses tipos de meios geodinâmicos: florestas tropicais ombrófilas e mesófilas, florestas temperadas e tundras de húmus turfoso. Assim, no Canadá, em certas tundras, as datações do radiocarbono deram idade de 4 a 5 mil anos para o húmus. Pode-se, portanto, falar de fitoestasia. Contudo, as regiões geodinamicamente estáveis compreendem também certos tipos de meios com cobertura vegetal muito reduzida, a propósito das quais não se poderia falar em fitoestasia. Tal é o caso do deserto brumoso da costa pacífica da América do Sul, onde as ações eólicas não existem. O modelado é recoberto por uma película muito fina de produtos limonosos de meteorização. A mesma dinâmica, extremamente frágil, é encontrada em certos meios hiperperiglaciários, como os oasis antárticos, ou hiperáridos rochosos rebeldes aos efeitos do vento.

Onde a vegetação é capaz de fornecer detritos tem lugar a pedogênese. A fraqueza das ações mecânicas limita a um mínimo a interferência pedogênese-morfogênese. Sob este ponto de vista, pode-se dizer que a pedogênese se exerce livremente, sem ser afetada praticamente pelas sujeições da morfogênese. Estamos, então, na situação bioestática de H. Erhart, caso extremo, é necessário assinalar. Não é indispensável, para a compreensão do fato, recorrer ao balanço pedogênese-morfogênese (Tricart, 1965), pois esse balanço comporta o termo "morfogênese" como negligenciável. As condições são, portanto, as melhores para o estudo do solo: o pedólogo pode aplicar as concepções de sua disciplina sem ter necessidade de se elevar a um nível de aproximação interdisciplinar.

Não é de se admirar que essa situação particular tenha sido adotada pelos diversos autores de classificações pedológicas. O caso mais típico é o da classificação americana (U. S. Departament of Agriculture). O problema da duração necessária ao desenvolvimento dos grandes tipos de solos não é, porém, abordado. Ora, esta duração é a mesma, desde que o meio seja geodinamicamente estável. Este enfoque não é novo (data de fevereiro de 1972) tendo aparecido um texto apenas datilografado, no qual fizemos alusão a esse problema capital. Uma frase — uma pequena frase somente — indica que os oxissolos, correspondentes aos solos ferruginosos tropicais da classificação francesa, somente são encontrados em formações bastante antigas, datando do Plioceno ou do início do Quaternário (áreas de inundação, terraços, cones de dejeção em suas partes pouco dissecadas). Esta observação corresponde às nossas próprias na Venezuela e na África ocidental.

As conseqüências desta situação são evidentes: as classificações de solos estabelecidas com fundamento em uma situação particular são sempre de difícil aplicação a numerosos solos desenvolvidos sob condições diferentes daquelas únicas que foram consideradas para o estabelecimento da classificação. Por outro lado, os pedólogos, colocando-se num caso idealmente simples, tendem a se fechar em sua disciplina e estudar os solos "por dentro". Isto dificulta os esforços daqueles que tentam operar diferentemente, isto é, colocar o solo no seu contexto natural, no seu

ambiente, para fazer concessão ao vocabulário em moda. Os belgas que trabalham no Congo (Zaire), os soviéticos, e um número crescente de franceses mostram, na matéria, uma abertura de espírito maior do que os americanos. Enfim, as classificações atuais dos solos são pouco adequadas para estudar as relações solos-plantas, limitando o progresso da própria pedologia.

A permanência, a partir do estabelecimento das condições de estabilidade, reveste-se de grande importância. É ela que determina o tempo a partir do qual a pedogênese pode se exercer, portanto, a idade dos solos, que por sua vez vai influenciar o grau de evolução dos solos e seus caracteres, tanto morfológicos quanto analíticos. Por isso o tempo é colocado em segundo nível taxonômico, permitindo subdividir os meios geomorfodinamicamente estáveis, distinguindo aqueles que o são há longo tempo dos que se tornaram estáveis recentemente (coluna II da tabela, no final deste capítulo). Examinemos este aspecto.

Sabe-se que o conjunto da superfície terrestre foi afetado por oscilações climáticas quaternárias. As paleotemperaturas indicadas pelo 0^{18} mostram um resfriamento de 5° a 6°C nas partes equatoriais dos oceanos. O estudo da flora pela análise polínica dá resultados concordantes nas montanhas intertropicais, especialmente para a savana de Bogotá (Colômbia). Esses abaixamentos de temperatura acompanhados de crescimento do gradiente térmico entre baixas e médias latitudes modificaram a circulação atmosférica, e conseqüentemente, os caracteres dos diversos climas.

Na maioria das regiões as oscilações climáticas foram suficientes para engendrar modificações fisionômicas na cobertura vegetal, que influenciaram, a seu turno, os sistemas morfogenéticos, conforme atestam as formações superficiais e sucessões, muito difundidas dos terraços climáticos. Nesse tipo de meio as condições ecológicas atuais reinam a partir do fim do último período frio, aproximativamente do início do Holoceno, grosseiramente há uns 10.000 anos. É o tempo sobre o qual se exerce a fitoestasia, onde ela é atualmente realizada. É, também, o tempo de que dispôs a pedogênese para agir segundo suas modalidades atuais, suficiente para permitir que determinados tipos de solo possam se desenvolver de maneira característica. Este aspecto não constitui, porém, um tipo geral. E aqui se faz sentir o interesse do estudo geomorfológico precedendo o estudo pedológico: a geomorfologia fornece o quadro cronológico da pedogênese. Uma carta geomorfológica detalhada dá informação ao pedólogo sobre as formações superficiais que constituem o material parental dos solos. Compreende-se então o sucesso desta maneira de proceder, proposta a partir de 1953-54 na África ocidental, durante nossas intervenções para a organização do território do delta do Senegal.

Nessas regiões que se tornaram geodinamicamente estáveis desde o início do Holoceno o modelado é poligênico e formado por heranças. De vez em quando, esse tipo de meio é interrompido por pequenos enclaves onde a dinâmica atuou mais recentemente, ou ainda atua hoje,

entrando nas categorias morfodinâmicas *B* e *C*. Tal é o caso de uma grande parte da Amazônia brasileira, onde a floresta se instalou progressivamente no início do Holoceno, há 10-12 mil anos, e onde as migrações das espécies a partir dos refúgios dos Escudos Guianense e Brasileiro e dos Andes se seguiram até nossos dias. Durante um período seco, correspondente mais ou menos à regressão pré-flandriana (última glaciação), um modelado de dissecação muito vigoroso foi esculpido pelas águas correntes, em savanas mais ou menos abertas, conforme aparece muito claramente, nos mosaicos de radar. A fitoestabilização foi proporcionada pela instalação da floresta ombrófila que recobre esse relevo.

Atualmente as regiões de terrenos neogenos da Amazônia são estáveis, mas seu relevo resulta de um período de instabilidade anterior, devido à oscilação climática. Entretanto, no meio desse conjunto fitoestável os fundos dos vales constituem faixas mais ou menos instáveis, pelas grandes variações de nível dos cursos d'água (instabilidade hidrológica) e pela dinâmica dos leitos (mudanças de cursos, sapeamento, migrações e recortamento de meandros).

Quanto mais fraca a intensidade da dissecação, maior é a complexidade do modelado e do solo, porque as condições favorecem a permanência de relíquias. Os solos, notadamente frágeis por sua débil espessura e coesão, são longamente conservados, ainda que raramente *in totum*. Os solos truncados são freqüentes, assim como os fossilizados. Encontram-se solos que foram truncados, depois enterrados, tendo ocorrido os dois fenômenos durante um período de instabilidade geodinâmica. Chega-se, freqüentemente, a encontrar solos enterrados, truncados ou não, fossilizados a uma profundidade suficientemente pequena para que a pedogênese os continue a afetar. Estes aspectos foram por nós observados em numerosos exemplos no Pampa Deprimido, na Argentina. Tais solos sofrem "transformações" sob o efeito de soluções, como por exemplo os solos castanhos, de espesso horizonte *B* argílico, desenvolvidos no correr do último período úmido, os quais foram truncados no período semi-árido seguinte, por deflação e escoamento superficial difuso. Esses processos respeitaram o horizonte *B*, mecanicamente resistente que, em conseqüência, passou a aflorar. Tal horizonte, freqüentemente, encontra-se fossilizado sob 10 a 30 cm de límons eólicos salgados. A partir do início do Holoceno, sob um novo período úmido, desenvolve-se a pedogênese. A lavagem parcial do sal no límon superficial traduz-se por uma sodolização. Uma forte proporção de sais precipita-se no horizonte *B* argílico, antigo, subjacente, e muda por sua vez a estrutura, que se torna colunar, bem como suas características analíticas. Impermeável e impenetrável pelas raízes, estes solos criam graves problemas agronômicos.

São estas as causas de estudo que conduzimos.[3] Com efeito, o horizonte impermeável, a pequena profundidade, conferem um mau regime

---

[3] Estas pesquisas foram realizadas como consultor da FAO, a serviço do plano *Mapa dos Solos*, do INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agrária), Argentina, onde se organizou um trabalho em equipe com os pedólogos e, depois, com os agrônomos.

Fig. 3 — Uma área fitoestável: Serra do Divisor, Acre.

Arenitos e folhelos do Cretáceo. A selva ombrófila, densa, amortece a energia cinética das gotas de chuva (intercepção energética) e cria um efeito de rugosidade, freando o escoamento superficial. Resultado: dispersão da energia que entra no sistema e fitoestabilidade. Os igarapés são escondidos pela mata. Foto J. Tricart.

Fig. 4 — Instabilidade localizada: rio da Liberdade, Serra do Divisor.

No primeiro plano, igarapé característico da fitoestabilidade das encostas. Ao centro, o rio da Liberdade, com bacia maior, demonstra uma dinâmica notável: margens solapadas e vivas (frente à casa), originando areias que em parte se acumulam em bancos ao longo das margens convexas dos meandros (à esquerda). Exemplo de subambiente instável dentro da unidade maior, fitoestável, causado pela concentração e o regime torrencial do escoamento — conseqüência da extensão dos folhelhos impermeáveis na bacia. Se a mata for desbravada, a dispersão de energia diminuirá e a instabilidade aumentará (enchentes mais violentas e extensas, intensificação dos solapamentos). Foto J. T.

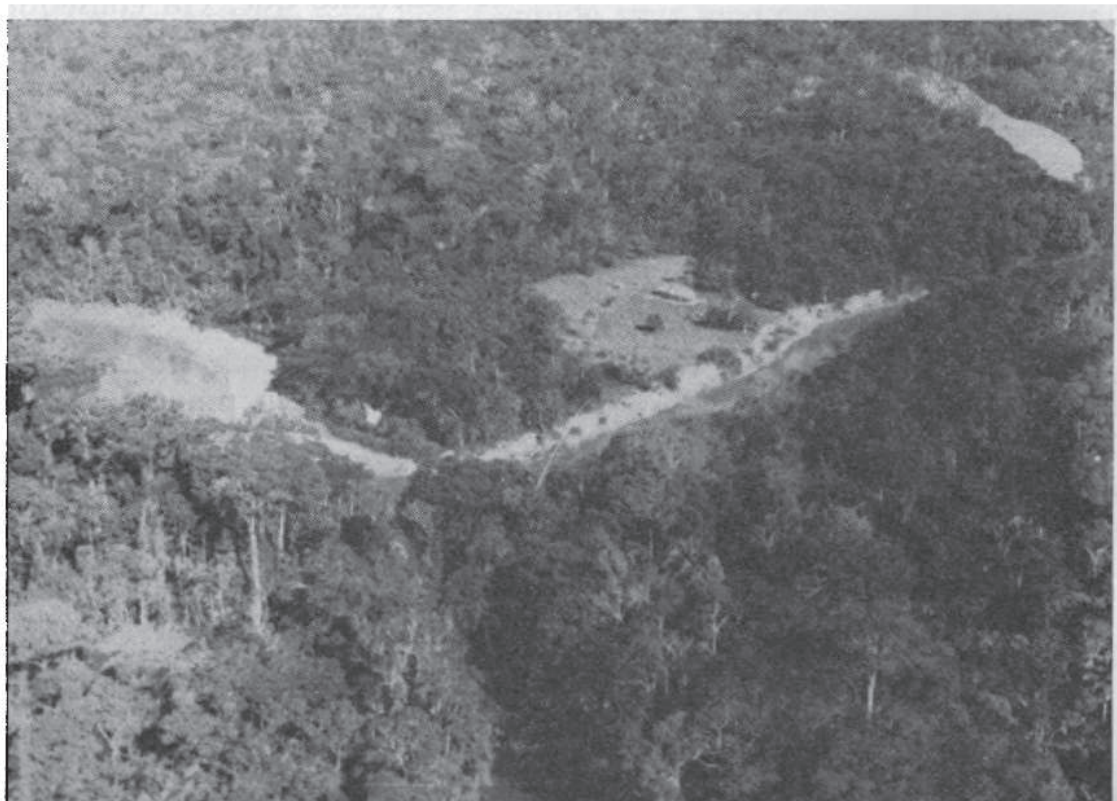



Fig. 5 — Igarapé Curusamba, na vizinhança de Óbidos, Pará.

Curso d'água meio escondido pela floresta, o igarapé não é bem visível nas fotografias aéreas e nos mosaicos de radar. Ele demonstra uma fitoestabilidade completa, sem solapamentos das margens. São carreados somente produtos em solução. Foto J. Tricart.

hídrico à camada superficial explorada pelas raízes: ela se imbebe durante as chuvas e desseca rapidamente quando cessam as precipitações. O rendimento das pastagens se reduz ao fim de 10-15 dias sem chuvas. O Pampa Deprimido é particularmente demonstrativo em sua grande complexidade porque a região permaneceu como subsidente desde o início do Quaternário, e por isso é extremamente plana: os declives de mais de 0,2 por cento são raros.

Na Amazônia brasileira, fenômenos semelhantes, de truncagem, manifestam-se com freqüência. A. Journaux descreveu leitos de pedras (*stone lines*) no Amapá. Os leitos de pedras materializam a truncagem das alterações antigas por ocasião do último período seco, durante o qual o escoamento superficial difuso desnudou as encostas. Detritos de concreções ferruginosas balizam, também, os leitos de pedras nas imediações de Óbidos e no leste do Estado do Acre (ao longo da estrada Rio Branco—Abunã).

O segundo caso, mais raro porque extremo, é o dos meios que jamais foram afetados por oscilações paleoclimáticas recentes. Expliquemos: o conjunto da superfície da Terra foi afetado por oscilações de tempe-

ratura não negligenciáveis, sincrônicas das alternâncias de períodos glaciários e interglaciários das latitudes médias; porém, em certas regiões, seus efeitos foram fracos porque não provocaram modificações importantes nos aspectos fisionômicos da vegetação e não acarretaram a alternância de sistemas morfogenéticos diferentes. Houve, ao inverso do caso precedente, um efeito tampão que amorteceu as conseqüências em relação às suas causas. Tais regiões permanecem geodinamicamente estáveis desde longo tempo, com a condição de serem tectonicamente pouco ativas e não vulcânicas. Esta estabilidade geodinâmica pode remontar ao Quaternário médio, ou mesmo, em alguns casos, ao Quaternário antigo.

As condições realizadas permitem o desenvolvimento de tipos de solos que exigem longa permanência, como os oxissolos. Aqui, também, constitui-se um domínio interessante para a pesquisa interdisciplinar, que permitiria precisar melhor a influência do fator tempo na pedogênese. Essas regiões são as únicas, repetimos, onde se realizam as condições implicitamente tomadas em consideração para o estabelecimento das classificações de solos. Infelizmente, essas regiões são raras, pois sua existência depende de um concurso de circunstâncias, tornado excepcional pelas particularidades da história da Terra no Quaternário. Citemos, a título de exemplo, o Sudoeste do Camerum (República dos Camarões) e os confins Libéria—Costa do Marfim, que parecem ter conservado uma floresta tropical densa ao longo do Quaternário médio e superior; a maior parte do deserto do litoral brumoso chileno-peruano, desde o início do Quaternário médio; possivelmente, certas regiões subtropicais, como o norte de Portugal e o sudeste dos Estados Unidos; ilhas, como os Açores; provavelmente, também, certas regiões amazônicas, que serviram de refúgio, durante períodos secos, à floresta ombrófila. Estas regiões não foram ainda identificadas com precisão e estudadas em detalhe.

Para as diversas variedades de meios estáveis, o princípio da conservação deve ser o de manter uma cobertura vegetal densa com efeitos equivalentes àqueles da cobertura vegetal natural. É uma aplicação do conceito de bioestasia de H. Erhart. Essa noção de "efeitos equivalentes" é, porém, complexa e suscita certas dificuldades. Uma posição extrema que oferece toda garantia, ao menos em aparência, consiste em impedir todo ataque à vegetação natural. *Ipso facto*, é preciso renunciar a toda explotação de recursos biológicos, o que se torna cada vez menos admissível em face da pressão demográfica rapidamente crescente que afeta o planeta.

Ainda que tal solução seja pouco aplicável, nosso método de aproximação permite determinar as áreas nas quais ele convém. Por exemplo, nas regiões árticas, atualmente ocupadas pelas tundras e certas florestas, causando-se danos à cobertura vegetal, modifica-se o equilíbrio térmico do solo, que degela mais profundamente. Desse modo, os processos periglaciários são intensificados, passando-se de uma situação de fitoestasia a uma situação de instabilidade mais ou menos grave. O cultivo das

Fig. 6 — Desbravamento recente para formar pasto. Tarauacá, Acre.

Argilas intercaladas de areias, do Terciário, chamadas "argilas do Acre". Modelado dissecado, com pendentes de 10°-20°. Eliminada a maior parte da intercepção das chuvas, o escoamento se torna mais rápido e as cheias mais violentas. Mesmo com a cobertura de mata, os rios do Acre são conhecidos pela violência das enchentes, chamadas "repiquetes". O desbravamento as agrava e põe em perigo as cidades e lavouras instaladas nos vales. Aqui, por ser recente, ainda não houve tempo para a incisão de talvegues. Foto J. Tricart.

Fig. 7 — Efeito dos repiquetes. Rio Caeté, Acre.

Encostas fitoestáveis. Área totalmente despovoada, na qual a violência das enchentes chega a causar instabilidade localizada ao longo do rio: solapamento de margens, bancos de areia no leito. Aspecto apresentado num período de estiagem. Foto J. T.

regiões recobertas de vegetação do pergelissol relicto desencadeia freqüentemente a formação de um criocarste (Alaska e Sibéria).

As regiões de formações neogenas da Amazônia, muito vigorosamente dissecadas por ocasião dos períodos secos do Quaternário, apresentam problemas comparáveis. Sua ocupação agrícola não é possível porque a eliminação da floresta desencadeia um escoamento rápido e intenso, privando os solos dos detritos vegetais, condenando-os a uma esterilização tanto mais rápida quanto maior for a pobreza mineral do material parental. As dificuldades da ocupação deste tipo de unidade ecodinâmica são muito grandes. As características destas unidades explicam os fracassos das tentativas de explotação agropastoril e impõem a manutenção da floresta. A utilização cuidadosamente controlada desta floresta, com enriquecimento eventual em espécies de valor, parece-nos a única solução não destruidora.

As reservas integrais não estão, contudo, livres dos desequilíbrios ecológicos que podem desencadear desequilíbrios geodinâmicos. Por exemplo, nos parques da África oriental, os grandes animais, integralmente protegidos, multiplicam-se ao ponto de degradar a vegetação. O sistema morfogenético se modifica. As sendas abertas pelos animais para matar a sede transformam-se em ravinas, cortadas às margens dos cursos d'água. O desequilíbrio ecológico, o único estudado seriamente, impele a estabelecer cotas de caça destinadas a fazer cessar a multiplicação exagerada dos animais.

A explotação dos recursos naturais apresenta, por vezes, como conseqüência, modificações do sistema morfogenético, difíceis de serem estabelecidas. Por exemplo, ao sul do lago Maracaibo (Venezuela), encontra-se uma região colonizada desde 1945, graças à erradicação da malária e à construção da estrada panamericana. Os cursos d'água do *piemont* andino tornam-se de mais a mais instáveis, edificando vastos derrames arenosos que recobrem pastagens, estradas e casas. Um programa de manejo e ordenação do território apoiou-se no que decidimos. A primeira idéia para monitorar esses cursos d'água foi a de pesquisar os ravinamentos em suas bacias montanhosas e fazer a correção das torrentes.

Mas constatamos que praticamente não havia ravinamentos e pouca era a ablação difusa, fora de setores pouco extensos e bem limitados. Os desgastes ocasionados no *piemont* são explicados por outro mecanismo mais complexo.

A floresta ombrófila foi largamente desmatada e substituída por pastagens. Estas, pouco degradadas, só fornecem materiais em suspensão, não contribuindo para a alimentação dos cones arenosos. No entanto, as pastagens possuem papel hidrológico diferente das formações arbustivas. A intercepção das chuvas é menor, e, sobretudo, a concentração do escoamento é mais rápida. Os picos das cheias são mais fortes. Os cursos d'água sapeiam vigorosamente as margens, retomando materiais estocados desde o último período frio nos baixos terraços. São estes que alimentam os depósitos dos cones arenosos.

Fig. 8 — Deslizamentos causados pelas variações de vazão. Rio Muru, Tarauacá, Acre.

As "argilas do Acre" das margens do rio saturam-se d'água durante a cheia e deslizam na vazante. A margem evidencia uma série de deslizamentos sucessivos, muito característicos, que facilitam o recorte de meandros (Fig. 9). Foto J. T.

Fig. 9 — Planície aluvial do rio Juruá. Acre e Amazonas.

Área despovoada, sem influências antrópicas. Mata ombrófila. Numerosos recortes sucessivos de meandros. No centro-esquerda um lóbulo convexo de meandro recém-edificado, com várias etapas sucessivas de instalação de vegetação pioneira. No centro do lóbulo já cresce a mata; ao lado, uma etapa menos adiantada da colonização é evidenciada por arbustos e vegetação baixa, com diferenças de altura que assinalam os sucessivos diques aluviais (Fig. 10). Foto J. T.

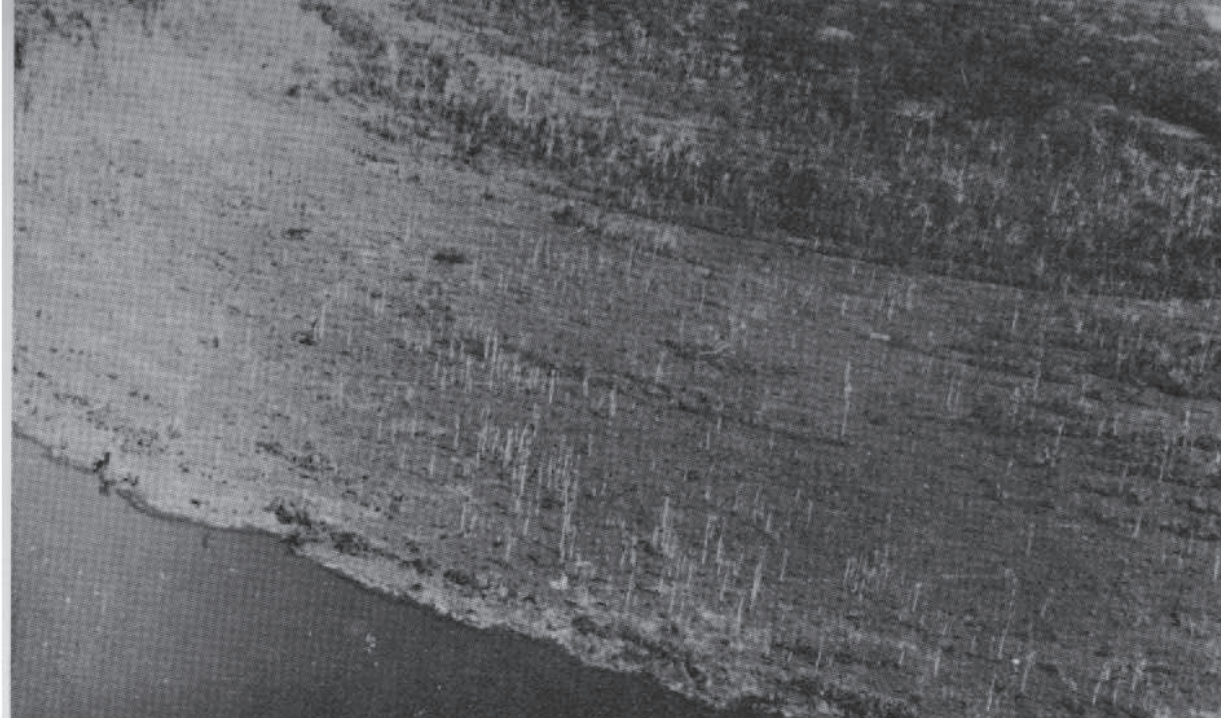



Fig. 10 — Rio Juruá, a jusante de Ipixuna, Acre.

Seqüência de vegetação pioneira num lóbulo de margem convexa de meandro. Foto J. T.

Fig. 11 — Instabilidade ecológica provocada pelo regime hidrológico. Planície do rio Solimões, margem direita, SSE de Manacapuru, Amazonas.

Bacias inundadas numa forte cheia (14-7-1975). A distribuição da vegetação é função do regime hidrológico, que determina o regime hídrico. Não aparecem plantas terrestres nas bacias, sempre com água. Os diques aluviais mais altos, não atingidos pelas inundações, só evidenciam vegetação herbácea. Os braços de enchentes e paranás permitem o crescimento de galerias selváticas. Com efeito, num ambiente ecológico caracterizado pela pobreza mineral (principal fator limitante), esses braços, por onde chegam águas andinas com minerais dissolvidos, oferecem condições mais favoráveis ao crescimento da vegetação, sendo ocupados pela mata, enquanto nos diques não inundáveis, formados de areia quartzosa, mineralogicamente pobre, a vegetação tem biomassa menor (arbustos e gramíneas). Foto J. T.

Estas observações necessitam, atualmente, de levantamentos e dados pedológicos que permitam estabelecer os princípios da ordenação e manejo do território, comportando um tratamento das margens dos cursos d'água principais da região do *piemont* onde desaguam os rios e desembocadouros dos vales, e uma remodelação agrícola das bacias vertentes com a conservação das florestas existentes, reflorestamento dos terrenos medíocres, impróprios para a agricultura e melhoramento das pastagens, a fim de elevar o seu rendimento e evitar o superpastoreio. Este exemplo evidencia as etapas que deve comportar um estudo da organização agrícola dos territórios e os tipos necessários de cooperação interdisciplinar.

Problemas hidrológicos da mesma natureza começam a aparecer no Estado do Acre com o desmatamento de grandes superfícies de florestas pelas queimadas. Esta região é constituída pelas argilas do Acre, do Neogeno, impermeáveis. Sob a floresta, o escoamento é intensivo e rápido por ocasião das chuvas pesadas dos temporais. As cheias são bruscas e fortes; os "repiquetes" das cheias contribuem para sapear as margens dos cursos d'água e inundar o baixo terraço. A supressão da intercepção da floresta e a diminuição do tempo de concentração nas terras desmatadas aumenta a torrencialidade dos cursos d'água, agravando as inundações. Acredita-se que certos bairros da cidade podem ficar submersos pelas enchentes e que as estradas no baixo terraço sejam cortadas.

B — OS MEIOS *INTERGRADES*

O termo *intergrade* foi tomado do vocabulário dos geólogos para designar uma transição. Estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. A rubrica é, por força das coisas, convencional porque não existe nenhum corte; ao contrário, estamos em presença de um contínuo.

O que caracteriza esses meios é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço. Mas as modalidades de interferência morfogênese-pedogênese variam em função de dois critérios: um qualitativo e outro quantitativo, conforme aparece na coluna III, introduzindo subdivisões neste tipo de meio geodinâmico (Tabela encartada no fim do capítulo).

Do ponto de vista qualitativo, é necessário distinguir entre os processos morfogênicos que afetam unicamente a superfície do solo e não alteram a sucessão dos horizontes no perfil, e aqueles que agem em toda a espessura do solo ou em uma parte importante dessa espessura, perturbando, em conseqüência, a disposição desses horizontes. Os processos peliculares, como a ablação generalizada sob o efeito do escoamento instável ou da reptação, retiram a parte superior do perfil pedológico; por vezes, tais processos apenas se limitam a afetar a cobertura vegetal. Eis aí o domínio de aplicação do conceito pedogênese-morfogênese.

Esquematicamente, pode-se dizer que o solo está sujeito a uma ablação lenta, porém crônica, de sua parte superior, enquanto prossegue o seu desenvolvimento em profundidade, espessando-se até certos limites e acentuando gradualmente seus caracteres por diferenciação dos horizontes nos sítios de partida de material. Nos sítios de acumulação, ao contrário, as películas sucessivas vêm-se ajuntar ao perfil, crescendo o solo pelo topo. Nos dois tipos de sítios a pedogênese interfere com a morfodinâmica, sendo em parte a ela condicionada. O balanço oscila e muda de sentido em função das condições oferecidas pelo meio.

A morfodinâmica pode-se acelerar ao ponto de superar a pedogênese em rapidez. O balanço pedogênese/morfogênese torna-se então negativo. É o que se produz quando a ablação se torna muito rápida, reduzindo o horizonte *A* do solo, introduzindo desproporção entre o seu desenvolvimento e o do horizonte *B*. É, também, o caso dos sítios de acumulação, por exemplo, da base de uma vertente, desde que a contribuição dos elementos coluviais seja abundante para dar tempo à pedogênese de produzir um horizonte *A* característico. Tem-se, então, um horizonte *A* mal desenvolvido. Todos os termos de transição são possíveis, bem entendido. O instrumento é flexível e leva em conta a complexidade dos fenômenos naturais, mais do que a oposição entre bioestasia e rexestasia de Erhart.

Do ponto de vista quantitativo, apoiamo-nos no balanço pedogênese/morfogênese. Desde que a instabilidade é fraca, a pedogênese ganha vantagem com toda uma série de termos de transição para os meios estáveis. Como em mecânica do solo, a distinção entre meios estáveis e meios *intergrades* só poderia ser convencional, porém isto exigiria critérios numéricos que ainda estão por definir. Ainda não se pode saber se isto será possível. Aqui, também, a transição é contínua e os problemas aparecem.

A aplicação do conceito relativo ao balanço pedogênese/morfogênese é aparente, desde que se trate de uma ablação superficial do solo. Não obstante, o conceito aplica-se, também, aos movimentos de massa que afetam o solo em toda a sua espessura. Estes remexem o solo e se processam com intensidades diferentes, segundo a profundidade. Eles entravam a diferenciação do solo em horizontes. Torna-se impossível considerar o solo nos limites estreitos de uma trincheira pedológica. Faz-se necessário examiná-lo em todo o conjunto de uma encosta, como os pedólogos o fizeram desde que definiram o conceito de "lavagem oblíqua". O problema é, porém, mais complexo porque os movimentos afetam, ao mesmo tempo, as fases sólida e líquida e suas soluções. Todavia, como no caso dos processos que agem de maneira pelicular, há interferência entre a pedogênese e a morfogênese. Tanto mais intensa é a morfogênese, mais a pedogênese é perturbada, o que faz com que o solo se afaste dos perfis característicos, como no caso da ablação pelicular.

Fig. 12 — Influência do regime hídrico sobre a vegetação: savanas residuais. SW de Humaitá, Rondônia.

Formações do Neogeno, equivalentes da Formação Barreiras. Areias argilosas, pouco permeáveis e mineralogicamente pobres. Durante o último período seco, a região se caracterizava pela vegetação de campos e cerrados. Quando da transgressão flandriana (a partir de 12-13 mil anos BP), o clima se tornou úmido, o que permitiu a instalação da selva ombrófila amazônica. As condições moderadamente instáveis passaram às de fitoestabilidade. Mas a colonização selvática foi influenciada pelo fator edáfico: onde os solos eram piores a selva ainda não conseguiu se instalar, como se vê aqui. É imprecisa a expressão "fator edáfico", de uso corrente em ecologia. No presente caso, o regime hídrico se caracteriza pela erosão pluvial e escoamento superficial nas lombadas. Pouca água se infiltra para alimentar um débil escoamento hipodérmico. Assim, as lombadas oferecem condições de seca logo após poucos dias sem chuva, o que impede o crescimento de árvores. Ao contrário, nas depressões o escoamento hipodérmico lento aumenta a disponibilidade de água e regulariza o regime hídrico. É também possível um certo aporte de minerais oriundos da pedogênese nas áreas de lombadas, o que seria mais um fator favorável. De qualquer modo, pode-se observar a distribuição da vegetação intimamente ligada ao modelado, à geomorfologia, da qual depende o regime hídrico: as lombadas recobertas por campo limpo (savana) relictual, enquanto as depressões e vales suaves são ocupados pela selva pioneira. A tendência é a redução da superfície coberta pela savana, levando a uma fitoestabilização crescente. Foto J. T.

Fig. 13 — Ambiente estável. Serraria, vizinhança de Porto Alegre, RS.

Topografia de lombadas, suave. Solo bem desenvolvido, de cor escura, sobre perfil de alteração com matacões residuais de granito não alterado (explorado para pedras de pavimentação), em meio a granito apodrecido. A alteração e o solo se desenvolvem como conseqüência da estabilidade morfodinâmica. Não há escoamento superficial que submeta o solo à denudação. Ele pode evoluir ganhando espessura, gradativamente, à custa do granito apodrecido subjacente, e apresentando diferenciação crescente entre seus horizontes. A alteração também se desenvolve com o tempo, sob ação da água que se infiltra e transporta ions dissolvidos. Os dois fenômenos são antinômicos ao escoamento superficial da água, que submete a superfície do solo à ablação e não participa da pedogênese nem da alteração. De fato, no presente exemplo, o solo se desenvolveu principalmente na matéria coluvial depositada durante um período recente de maior atividade morfodinâmica, com clima diverso do atual. Esses coluviões cortam o perfil de alteração, que é truncado. Trata-se, assim, de ambiente estável no presente, mas que antes era razoavelmente instável. Não fosse este o caso, o perfil de alteração seria muito mais espesso. Foto J. T.

Tais meios *intergrades*, como as zonas de transição biogeográficas, são particularmente cambiantes, especialmente sensíveis às influências que modificam localmente, por vezes a alguns metros de distância somente, as modalidades dos processos. Os mosaicos predominam, tanto do ponto de vista dos elementos menores do modelado quanto daqueles dos solos. A cobertura vegetal no balanço pedogênese/morfogênese assume grande importância.

Os meios *intergrades* são delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, transformando-se em meios instáveis cuja explotação fica comprometida. Desde que a instabilidade geodinâmica cresce, pode ser necessário recorrer à implantação de estruturas, como por exemplo, para estabilizar as torrentes cuja atividade faz crescer a instabilidade das vertentes. Mas, na maior parte dos casos, restam apenas os controles biológicos, que são os mais eficazes. A preocupação principal deve ser a de facilitar a manutenção da vegetação. O caso mais difícil de resolver, para o qual não há solução satisfatória, é o dos meios que associam manifestações do escoamento superficial difuso e movimentos de massa. Com efeito, quando se tenta frear o escoamento superficial difuso com a ajuda da vegetação, aumenta-se a quantidade de água infiltrada e se favorece os movimentos de massa.

De maneira geral, no entanto, convém se convencer que as migrações de matéria sob o efeito de processos morfogênicos afetam também o húmus e os fertilizantes. A geomorfologia não é, pois, desinteressante para os agrônomos.

C – OS MEIOS FORTEMENTE INSTÁVEIS

Nesses meios, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados.

Uma tal situação pode ter diferentes origens, suscetíveis de se combinarem entre elas. A geodinâmica interna intervém em numerosos casos, em particular no vulcanismo, cujos efeitos são mais imediatos do que os das deformações tectônicas. Uma corrida de lavas, uma chuva de cinzas são manifestações brutais, de características catastróficas. As lavas destroem a vegetação, qualquer que seja, e edificam formas de relevos que permanecem nuas durante certo número de anos. As corridas de escórias datando de 1859 nas Grandes Comores, sob clima tropical úmido, permanecem ainda despidas, sem vegetação. Os líquens só começaram a colonizar o flanco oriental da ilha, em altitude, aproveitando, provavelmente, a maior umidade. As chuvas de cinzas eliminam o estrato herbáceo, o mais eficaz do ponto de vista morfodinâmico e, quando mais abundantes e quentes, a totalidade da vegetação. Durante muitos anos, o solo permaneceu nu, exposto à chuva e o escoamento se torna muito atuante.

Fig. 14 — Ambiente moderadamente instável. Caatinga, nas cercanias de Juazeiro, Bahia.

Gnaisses apresentando foliação vertical, que facilita a alteração pela penetração da água ao longo dela. A vegetação aberta permite, durante as chuvas intensas, o desenvolvimento da erosão pluvial que afeta o solo (primeiro plano), no qual se observam manchas desnudas onde se formam filetes de água, apesar da fraca inclinação do terreno. Certa quantidade de material é transportada fora dessas manchas, como se vê pelo pequeno degrau ao redor delas. A superfície do chão se torna gradativamente mais baixa em conseqüência da exportação do material arenoso de mateorização do gnaisse. Os volumes de gnaisse mais resistentes à alteração, ainda assim, sofrem desnudação e afloram sob a forma de rochas salientes. No caso mostrado na figura 13, os volumes de granito mais resistentes formam matacões dentro do granito apodrecido. Eles não afloram: a estabilidade não permite a sua desnudação; ao contrário, estão recobertos pelo solo. Foto J. Tricart.

As deformações tectônicas comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação das áreas elevadas, com incisão dos cursos d'água e crescimento correlato dos declives das encostas. Mesmo sob floresta densa, as encostas suficientemente íngremes tornam-se instáveis: tal é o caso da floresta nebular dos Andes venezuelanos, onde o cristalino, fortemente fissurado por tectônica, se altera e alimenta corridas de lama crônicas, afetando a floresta. Os mesmos fenômenos foram descritos para regiões como a Nova Guiné, a Nova Zelândia e os Andes peruanos (vertente amazônica). Deslizamentos, desabamentos provocados pela ultrapassagem rápida do limite de liquidez são observados nos *fronts* íngremes dos monoclinais arenosos voltados para o leste da serra do Divisor. Em julho de 1975, alguns desses fenômenos mostravam-se muito recentes, outros datavam de alguns anos, sendo bem evidente a vegetação pioneira que os colonizava no meio da floresta primária. Como em todos os modelados de dissecação, os efeitos da tectônica combinam-se aos da litologia. Nas áreas de acumulação, o enfraquecimento entretém a tendência ao abandono dos materiais, que se acompanha, também, de instabilidade, com as divagações dos cursos d'água, as defluviações, os limites incertos dos meios anfíbios, dos quais o sudoeste do lago Maracaibo (Venezuela) oferece excelente exemplo (delta de Catatumbo).

A cobertura vegetal intervém, também, introduzindo uma influência indireta do clima, sendo a maior instabilidade realizada nas regiões de forte instabilidade climática. Com efeito, parte da vegetação se adapta mal às irregularidades climáticas e as influências bioestáticas são reduzidas ao mínimo. Por outro lado, as manifestações meteorológicas extremas que caracterizam tais climas oferecem um potencial energético considerável cujo rendimento é elevado.

O trabalho morfodinâmico efetuado nas regiões semi-áridas, onde caem pesados temporais repetidos um bom número de vezes por século, é superior ao que se efetua nas regiões hiperáridas onde esses temporais são incomuns. Tal é o caso do Nordeste brasileiro. É isto que elucida, para as precipitações, o coeficiente climático elaborado por F. Fournier, consistindo em relacionar o total do mês mais chuvoso com o total anual. Portanto, dá uma imagem da irregularidade sazonal da distribuição das precipitações.

A combinação dos climas semi-áridos irregulares como uma atividade tectônica recente engendra meios particularmente instáveis nas montanhas da África do Norte e da Anatólia, nos altos vales andinos do Peru, sobre a vertente pacífica, mais ou menos a 3.000 metros de altitude. A intensidade da morfogênese recente não dá lugar à persistência de formas relíquias.

À degradação antrópica se acrescentam as causas naturais, particularmente eficazes nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à vegetação. Essas condições ecológicas difíceis tornam a degradação mais fácil, impedindo a reconstituição da vegetação quando

Figs. 15 a 17 — *Instabilidade gerada pela mineração de diamantes no rio Santo Antônio, em pláceres nas cercanias de Lençóis; Bahia (fotos J. Tricart, agosto 1957).*

Fig. 15 — O ravinamento das áreas desnudadas pela mineração e o lavado da garimpagem sobrecarregam os rios com detritos que são transportados e se acumulam. Plácer (2.° plano) e dique aluvial arenoso, branco (1.° plano), edificado com esses detritos, sepultando parcialmente a vegetação, cujo estrato baixo foi morto, enquanto os arbustos sobrevivem, meio encobertos. A acumulação rápida e recente ainda não ensejou a formação de solo na sua superfície. Essa degradação antrópica provoca instabilidade morfodinâmica intensa. A água represada (à direita do dique arenoso) torna o solo hidromórfico. A modificação do regime hídrico também influenciam a vegetação.

Fig. 16 — Areias geradas pela mineração acumulam-se em bancos no fundo do vale, a meio quilômetro do local da figura 15. As águas escoam por entre os bancos, em canais anastomosados, instáveis, divagantes. Como o leito já não dá vazão às cheias, as margens são solapadas e as enchentes inundam áreas cada vez maiores, para o que concorre o levantamento do leito, que também prejudica o escoamento quando as águas baixam. No primeiro plano, encharcamento da planície aluvial. As águas represadas pelos diques aluviais favorecem a multiplicação de mosquitos, com repercussão nas condições sanitárias.

Fig. 17 — A areia se acumula no fundo do vale, em Andaraí, cobrindo a vegetação e tornando essa planície inundável, em conseqüência do levantamento do leito do rio. Exemplo de ambiente intensamente instável pela acumulação aluvial acelerada, que impede a formação de solos e a colonização pela vegetação. As três fotos (Fig. 15, 16 e 17) demonstram a propagação dos efeitos da degradação na direção da vazante numa bacia hidrográfica. A destruição da vegetação e a lavagem dos pláceres * provocaram um verdadeiro traumatismo na bacia, com modificação rápida e intensa da dinâmica em sentido desfavorável, ou seja a degredação do meio ambiente. Será difícil sustar essa evolução e reconstituir condições semelhantes às anteriores. Daí a razão das medidas preventivas dessas degradações.

* O termo *plácer* (*pláceres*, no plural), empregado pelo Autor, refere-se a terras e cascalhos onde se encontram os diamantes e que, nos garimpos da Bahia, designam-se por *grupiara* (ou *gupiara*) e *monchão*. Ao descrever os "Garimpeiros" (in IBGE. *Tipos e aspectos do Brasil*, 10 ed. atualizada e ampl. Rio de Janeiro, 1975), José Veríssimo da Costa Pereira menciona "os garimpos em que os monchões — buracos abertos até um quilômetro das margens — permitem a prática normal dos serviços de exploração diamantífera". E continua: "Transformador impenitente da paisagem, o garimpeiro, logo ao chegar ao local escolhido para garimpar, inicia sua atividade "erosiva" realizando a "virada", isto é, a retirada do cascalho do leito do rio, até o ponto, às vezes, de desviar-lhe o curso. E no trabalho incessante do desmonte das margens, chega a cavar poços e realizar prodígios de destruição nas grupiaras, depósitos de cascalho em nível elevado, das quais o garimpeiro distingue duas sortes: a grupiara de serra e a grupiara de córrego".

lhe é dado um prazo. Podem mesmo acentuar retroações positivas, suscetíveis de provocar uma verdadeira euforia dos processos de degradação. Em tais regiões a restauração é tão difícil que se torna imperioso tomar medidas de conservação muito estritas para impedir a degradação. É excepcional que tais áreas possam ser consideradas como aptas a uma produção vegetal ou animal apreciáveis. A conservação se justifica não por ela mesma, mas para evitar os efeitos induzidos: são essas regiões que emitem os detritos que recobrem os cursos d'água em direção aval e que permitem a formação de enchentes devastadoras.

No caso de degradação antrópica, a brusca ativação morfodinâmica acaba por destruir rapidamente os solos preexistentes. Estamos em presença de um caso típico de rexestasia, segundo H. Erhart. Pode-se aplicar sem muito erro a expressão lançada pelos americanos de "erosão dos solos". Ela é, porém, inexata, mesmo nesse caso, porque se trata de ablação ou de liquidação; e, ademais, o fenômeno não se limita apenas aos solos, pois afeta todos os materiais móveis que afloram: as formações superficiais e as próprias rochas. Seria mais correto falar de destruição das terras cultiváveis, porque em muitas regiões onde este fato ocorre já não se cultivam os solos pedológicos, mas as terras que não têm mais solos. Enfim, o pior é que a ablação não representa a causa única. A acumulação produz tantos desgastes, afogando as partes baixas do relevo, bases de vertentes, fundos de valões, planícies aluviais sob a contribuição maciça de material que não teve tempo de se edafizar e constitui, segundo os pedólogos, os solos (sic) minerais brutos de acumulação.

As oscilações climáticas naturais não provocam, senão excepcionalmente, fenômenos semelhantes, pois são menos brutais. Seus efeitos são menos radicais. Uma piora climática reduz lentamente a densidade da cobertura vegetal e, correlativamente, permite aos processos morfodinâmicos se tornarem mais ativos. Passa-se primeiro por uma situação característica dos meios *intergrades,* com predominância da morfogênese sobre a pedogênese. Os solos se transformam e são submetidos a uma ablação superficial aqui e um recobrimento ali.

É raro uma oscilação climática ter efeitos mais assinalados, como no caso das regiões geladas ou daquelas sujeitas a um regime periglacial rude. Então, os solos são totalmente destruídos. Tal é o caso das regiões de colinas neogenas da Amazônia brasileira, em que a pedogênese atual só se exerce a partir da reconquista florestal holocena. No entanto, mais comumente, a liquidação não é total, e se estabelece um novo tipo de balanço pedogênese/morfogênese, no qual a pedogênese é mais reduzida e sujeita a uma morfogênese antagonista bastante intensa. Tal situação pode persistir por milhares e milhares de anos, em regime permanente. As regiões tropicais com estação seca acentuada a conhecem atualmente, podendo permitir, nessas condições, a deposição de possantes séries detríticas constituídas de materiais modificados por edafização prévia.

Cremos que o conceito de rexestasia de H. Erhart é extremo. Muitas das séries sedimentares que este autor lhe atribui são formadas, ao contrário, sob condições *intergrades,* permitindo a coexistência da pedogênese e da morfogênese. Seria, no entanto, impossível explicar a existência de séries greso-argilosas medindo várias centenas de metros de espessura, e se estendendo por centenas de milhares de quilômetros quadrados por uma única liquidação rexestática de um estoque de solos preexistentes. Os principais casos de rexestasia são comandados pela erosão antrópica.

No Brasil, as formações argilo-arenosas do Cretáceo da Bahia e do Nordeste não podem ser consideradas de origem rexestática. Sua deposição durou longo tempo. Nelas se observam formações deltaicas. Torna-se necessário admitir que as condições morfogênicas permitiram durante todo o período de sedimentação uma ablação intensa afetando os solos e os produtos de alteração do escudo vizinho, na medida em que se iam formando. A presença de seixos, blocos de rochas cristalinas nos sedimentos cretáceos, indica uma alteração pelo menos descontínua e escoamento muito violento. Ora, seixos e blocos cristalinos não se encontram unicamente no topo das séries sedimentares, mas, de modo mais freqüente, nas camadas inferiores. Se houve retirada dos produtos de alteração anteriores, os fragmentos de rocha sã não deveriam ser encontrados no topo das formações argilosas e areias alimentadas pelos produtos de alteração.

A sedimentação neogena da Amazônia deve ser interpretada da mesma maneira, isto é, como alimentada pela contribuição dos produtos de alteração que se elaboraram durante o próprio período de sedimentação. O escoamento que os transportava modelou, então, os *glacis* que são colocados no Neogeno, na região de Porto Velho (Rondônia).

Nos meios morfoclimáticos de intensa ablação o regime climácico pode permitir a evacuação dos produtos de meteorização, desde quando formados, e não dar tempo a aparecer um manto de alteritas nem — com mais forte razão — a se formar uma cobertura de solos. Tem-se, assim, um regime permanente caracterizado por ausência de solos, o que é mascarado na linguagem pedológica atual com ajuda das expressões "solos minerais brutos", "regossolos", "litossolos".

As modalidades morfodinâmicas que levam a situações desse tipo são variadas e nos oferecem a possibilidade de divisão dos meios fortemente instáveis.

Os fenômenos catastróficos, isto é, os que associam efeitos importantes e uma ocorrência esporádica, destroem os solos preexistentes colocando em evidência materiais virgens de toda pedogênese: conduzem, de qualquer modo, a uma retomada nova, brutal e radical. Tais são as corridas de lama e os desmoronamentos. A sucessão dos acontecimentos assemelha-se ao que se verifica quando uma região é invadida por um glaciar, porém, desenrola-se mais rapidamente. As relações pedogênese/

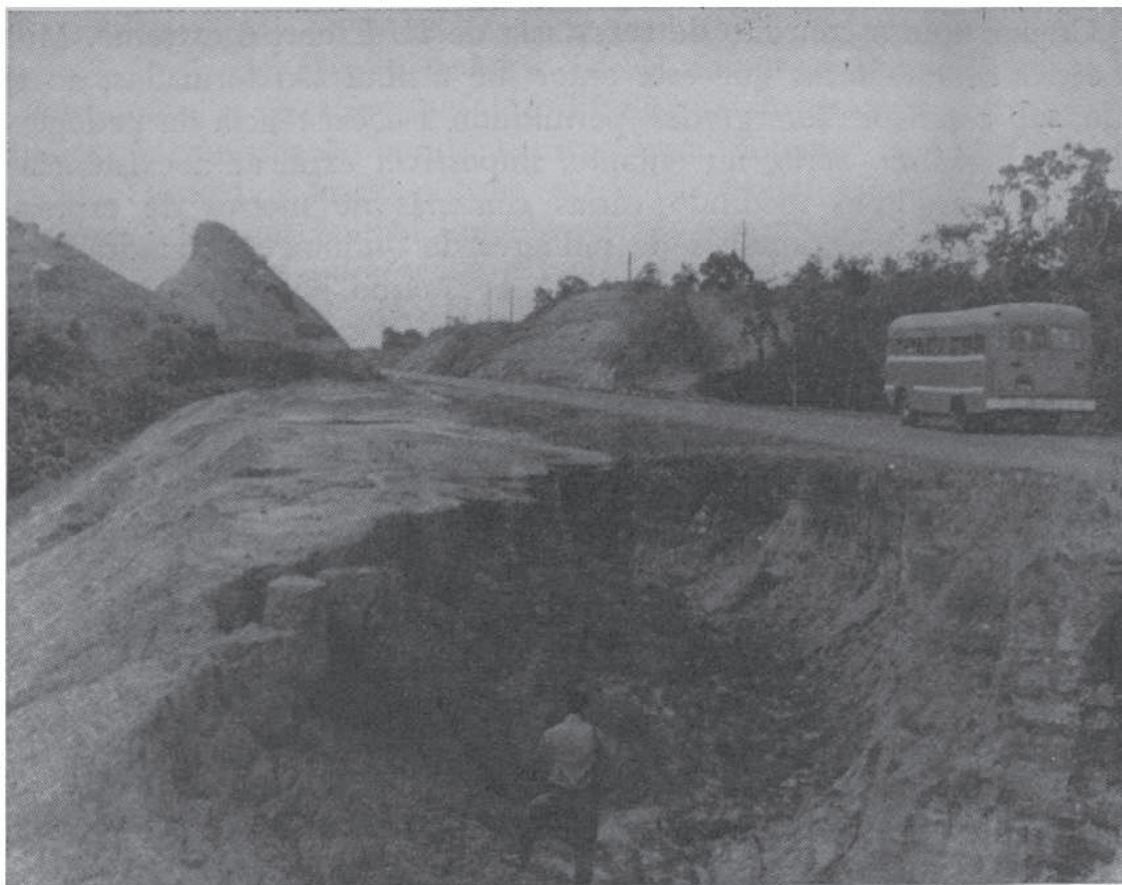



Fig. 18 – Ravina gerada pela construção de estrada. Rodovia Salvador–Feira de Santana, set. 1959.

Estrada moderna, cortando as lombadas em trincheiras e barrando os vales com aterros altos. Grandes superfícies da Formação Barreiras foram assim expostas, nuas, às chuvas intensas da região. Eliminado o papel amortecedor da cobertura vegetal, a erosão pluvial exacerbou-se, originando ravinamentos que se desenvolvem com rapidez nesse material pouco resistente e sem qualquer proteção. Em segundo plano, água escoando a partir da faixa pavimentada, que funciona como um implúvio, impermeabilizado pelo asfalto. Essa corrente d'água corta a ravina no aterro e sua queda faz uma incisão retrocedente que ameaça o próprio calçamento. Mais tarde, o DNER teve que gastar muito dinheiro para tapar essas ravinas e, por fim, construir canaletas para escoar as chuvas caídas na faixa asfaltada. Se isso fosse considerado quando da construção da rodovia, seria bem mais econômico. Além disso, as areias provenientes das ravinas esterilizaram muitos fundos de vales vizinhos, inutilizando-os para cultivos. O planejamento eficiente das obras públicas, principalmente das rodovias, exige que os aspectos ecológicos e geomorfológicos sejam considerados tanto quanto os aspectos puramente técnicos. Foto J. T.

Fig. 19 – Deslizamento gerado pela construção de rodovia. Mérida, Venezuela.

A escavação do talude numa encosta instável, formada de folhelos, originou um deslizamento considerável do tipo rotacional. A parte baixa da massa movida se levantou, danificando a pavimentação. Foto J. T.

Fig. 20 – Deslizamento gerado pela abertura de trincheira. Estrada Flor de Patria–Boconó, Venezuela.

Gnaisse granítico apodrecido, no qual se cortou a trincheira com inclinação superior à pendente de estabilidade. Molhado pela chuva, esse material pouco coerente desliza em pacotes, abrindo nichos. Os movimentos são crônicos e obrigam à desobstrução constante da rodovia. Às vezes o trânsito fica interrompido. Foto J. T.

Fig. 21 — Degradação gerada pela construção de rodovia mal traçada, perto de Santa Ana, Venezuela.

A rodovia reta corta o gnaisse apodrecido, pouco coerente. A inclinação excessiva dos taludes gera desmoronamentos periódicos que interrompem o trânsito. O material removido é jogado ao lado da estrada, acumulando-se em forma de taludes que se ravinam, provocando degradação progressiva da bacia dos rios vizinhos, submetidos a um aumento de carga aluvial. Foto J. T.

Fig. 22 — Ravinas e deslizamentos gerados pela rodovia Flor de Patria—Boconó, Venezuela.

Granito apodrecido. À esquerda, uma série de deslizamentos formando nichos numa pequena incisão torrencial que em breve se transformará em voçoroca nua. Atrás da casa, a mesma evolução, mais antiga: a voçoroca já está formada. Foto J. T.

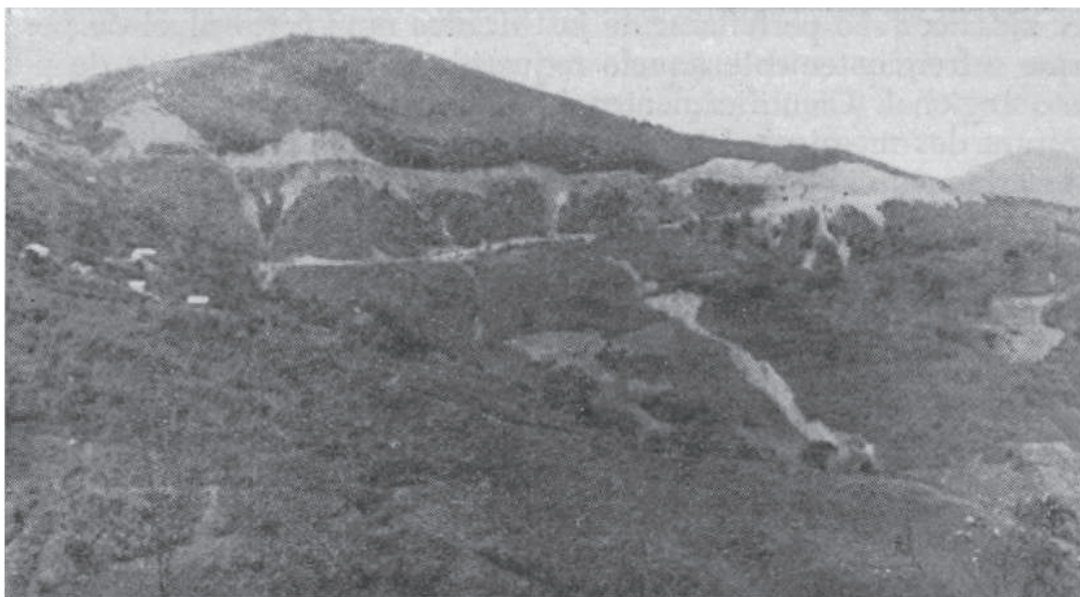



Fig. 23 — Ravinas geradas pela rodovia, perto de Santa Ana, Venezuela.

Granito apodrecido e clima chuvoso. Quando da construção da rodovia não se fizeram canaletas para vazão das águas até os fundos de vales. Ao escoarem junto à pavimentação, elas entalharam ravinas até os talvegues naturais. A incisão retrocedente ameaça a faixa pavimentada (Fig. 18). Foto J. T.

---

morfogênese são simples. A pedogênese é interrompida e seus efeitos anulados pelo fenômeno morfogênico. É o que o termo "catastrófico" põe em evidência.

Desde que os fenômenos catastróficos sejam crônicos, isto é, repitam-se muito freqüentemente em uma dada região, engendram um mosaico heterocrônico. Há, com efeito, justaposição de superfícies afetadas por corridas de lamas, de idades diferentes, sobre as quais se desenvolvem solos desigualmente evoluídos, pois a pedogênese recomeça a partir de zero cada vez que uma corrida se estabiliza. O mosaico de solos que resulta coincide com o mosaico de formas, ao menos no nível escalar. Quando se entra na análise do detalhe, com efeito, as diferenças podem aparecer: a carta geomorfológica figura os montículos de blocos sobre as corridas de lamas, blocos desigualmente escorregados no interior dos nichos de escorregamento, e a carta pedológica distingue séries em função das variações texturais que não são necessariamente significativas em plano geomorfológico. Mas são as unidades geomórficas que comandam a repartição dos diversos solos, sendo que o desenrolar dos fenômenos morfogênicos comanda a estrutura do mosaico. Tanto do ponto de vista geomorfológico quanto do pedológico, é determinante o aspecto temporal dos fenômenos.

Abramos um parêntese aqui: os mosaicos não causam boa impressão em pedologia. Por certo, às vezes, figurar um mosaico representa uma solução de facilidade que pode ser evitada. Mas o exemplo dado mostra

que os mosaicos são perfeitamente justificados num certo nível de percepção, que é freqüentemente aquele requerido pelos anteprojetos de planejamento regional. Cientificamente, é a mesma condição de bem definir a estrutura dos mosaicos. Isto requer a análise dos sistemas naturais, que é necessariamente interdisciplinar. A ótica aqui preconizada contribui para facilitar a questão.

Passa-se gradualmente, em seguida, aos fenômenos menos consideráveis, porém de maior freqüência. Os ravinamentos generalizados (*bad-lands*) oferecem bom exemplo. O escoamento superficial difuso, ajudado por alguns processos anexos, elimina os detritos mobilizáveis desde que são formados. A rocha sã é mantida e permanece exposta. O fator limitante em tal sistema morfogenético é a preparação do material, a fragmentação da rocha por meteorização. Como todos os mecanismos de preparação, a fragmentação é função das propriedades litológicas e das condições climáticas.

As rochas fracamente consolidadas, como as argilas endurecidas, as litoargilas e as marnas folheadas, são particularmente favoráveis ao estabelecimento de um sistema durável de ravinamentos. Com efeito, tais rochas oferecem muito más condições para a germinação: as raízes das plantas não podem penetrar nelas. Uma estação seca nítida ou mesmo períodos secos freqüentes atuam em igual sentido. Um limite é rapidamente ultrapassado, o que faz atuar a lei do "tudo ou nada": uma incisão devida ao escoamento superficial atinge a rocha sã, sendo então freada, passando a agir em sentido lateral sob o efeito de limpeza das formações móveis de alteração. A importância da rocha exposta cresce gradualmente. Uma evolução regressiva é iniciada, de modo mais freqüente sob a influência da erosão antrópica, responsável pela incisão inicial. Esta evolução leva a dilacerar de mais a mais as superfícies que possuem materiais móveis alteráveis, um solo e uma cobertura vegetal que podem ser incluídos nos meios estáveis ou nos meios *intergrades*, segundo o caso. Um mosaico é assim engendrado, de essência dinâmica e não temporal, diferente do precedente.

A tendência à evolução é capital: se a rede de ravinas aumenta, passa-se a um meio mais instável, não produtivo, ocasionando transtorno para as regiões localizadas a jusante (torrencialidade do escoamento, contribuição de materiais estéreis). Se, ao contrário, as ravinas tendem a se estabilizar, a vegetação pode retornar e tem-se uma evolução para os meios *intergrades*. Nos dois casos são desencadeadas retroações positivas, tendendo a reforçar o fenômeno que as ocasiona, portanto, a acelerar a evolução.

A retirada lenta dos restos de alteritas destrói os solos que os recobre, desgastando as bordas das manchas cobertas pela vegetação. As superfícies sujeitas a escoamento superficial difuso intenso (forte coeficiente de escoamento) e brutal se estendem, favorecendo a incisão dos talvegues e o crescimento da densidade de sua rede. Um valor muito elevado desta densidade é característico das *bad lands*.

Inversamente, desde que os talvegues deixem de se incisar, a evacuação dos detritos não é tão bem assegurada e aparecem praias de terras, propícias à colonização por vegetação pioneira. O processo de estabilização é iniciado. A vegetação freia o escoamento e, em seguida, a retirada de detritos. Uma cobertura de produtos móveis começa a se reconstituir, o que favorece o estabelecimento da vegetação e, com esta, a pedogênese. O desenvolvimento dos solos e da vegetação restringe o escoamento superficial difuso e diminui sua eficácia morfogenética

Tais são apenas elementos tomados, um pouco artificialmente, de um contínuo. Passa-se, com efeito, sem solução de continuidade, das manifestações catastróficas pouco freqüentes a fenômenos crônicos, mais recorrentes que os outros, tal como o escoamento superficial no sistema generalizado de ravinas. Os mesmos aspectos temporais associam intensidade e freqüência, funcionando nos mesmos sítios de acumulação. As projeções das corridas de lama e as digitações das acumulações ou dos cones de dejeção são manifestações brutais, catastróficas, destruindo os solos e deixando aparecer *in loco* um material pedologicamente virgem ("bruto"), exatamente como as corridas vulcânicas ou as acumulações dos materiais piroclásticos.

Como foi indicado acima, a freqüência dessas manifestações é maior ou menor, o que podemos designar com a ajuda dos termos esporádico e crônico. Esporádico deve ser reservado a um fenômeno suficientemente raro para não se reproduzir periodicamente. Crônico, ao contrário, corresponde a uma manifestação recorrente que afeta seja o mesmo lugar ou lugares vizinhos. O termo é geral e pode ser precisado, quando dispomos dos meios, por uma indicação de freqüência. Associando estudos de solo, de vegetação, de geomorfologia, podemos precisar essa freqüência, graças principalmente ao exame das seqüências da vegetação pioneira. Uma colaboração mais estreita entre a geomorfologia e a pedologia deveria ajudar a estabelecer um melhor conhecimento da duração necessária aos diversos tipos de pedogênese e, em troca, utilizar com maior precisão os tipos de solos para determinar a duração dos episódios de estabilidade relativa durante a qual os solos são formados, levando em conta outras condições intervenientes.

Quando se passa aos fenômenos de maior freqüência, aparece outro tipo de transição com os meios *intergrades.* Aqui, ainda, é preciso apoiar a análise na combinação das noções de intensidade dos fenômenos e de freqüência. Na planície inundável, a vegetação assume o papel de pente, as contribuições de elementos finos podem se produzir esporadicamente e enterrar os solos que não tenham sido destruídos pela cheia. Temos aqui um termo de passagem com o caso A-2: os episódios de instabilidade alternam-se no tempo com períodos da mais longa estabilidade, propícios à pedogênese. Porém, as contribuições das enchentes podem, também, ser mais freqüentes e não deixar tempo para a pedogênese desenvolver-se muito no interregno. Estamos em presença de um meio *intergrade,* já mencionado. Encontra-se a mesma natureza de fenô-

menos em sítio coluvial, ao pé de uma encosta sujeita à modelagem generalizada. É a situação B-2-b de nossa tabela, que passa gradualmente — porque não há modificação na natureza dos fenômenos — às situações C-2-b e C-3-b.

Pedimos ao leitor para consultar a tabela, a fim de examinar com maiores detalhes as relações entre a morfogênese, a pedogênese e os problemas de organização e manejo do território. A tabela é válida para as grandes e médias escalas. Foi elaborada fundamentando-se nos estudos que comportam o estabelecimento de cartas em escalas de 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 e 1:250.000. Parece-nos que ela pode, por certo, inspirar pesquisas mais detalhadas. Contrariamente, não pensamos que seja útil para orientar estudos mais generalizados, em escala de 1:1.000.000, por exemplo. Com efeito, necessitar-se-ia introduzir outros aspectos do meio natural, como as regiões climáticas e os tipos fisionômicos de vegetação. Tais escalas, porém, não correspondem às necessidades da gestão e da organização dos espaços.

Resta-nos agora, tratar de um aspecto: a avaliação integrada das características regionais.

IV

AVALIAÇÃO INTEGRADA DAS CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

A organização ou reorganização do território exige um diagnóstico preliminar destinado a esclarecer a escolha. Se bem que não sejam as únicas, as características físicas constituem elemento importante a ser levado em consideração. Na França, este é o aspecto tomado para o desenvolvimento das cidades. Preliminarmente ao estudo do zoneamento, torna-se necessário conhecer as aptidões dos terrenos para construção, principalmente as limitações por eles impostas, a fim de escolher o tipo de ocupação do solo compatível com tais limitações. Não o fazer seria aumentar consideravelmente os custos, tanto dos equipamentos urbanos quanto da construção.

No meio rural ocorre o mesmo, pelo destino que se dá às terras. O problema é proposto tanto para a reconversão e a intensificação da agricultura nos países industrializados, quanto para o desenvolvimento dos países insuficientemente equipados. Acrescenta-se a isso o fato de que é o meio rural que fornece, de modo crescente, um recurso dos mais essenciais e apreciados: a água. São as regiões rurais que permitem a alimentação dos lençóis freáticos e sua realimentação. Permitem, também, a formação das descargas dos cursos d'água.

A agricultura tecnificada contribui para a poluição das águas com os pesticidas e adubos. A degradação das terras degradam, também, os recursos de água, aumentando os transportes sólidos. Todos os materiais carreados se acumulam nos reservatórios e reduzem o prazo no qual podem ser amortizados os investimentos. As águas turvas complicam e tornam mais onerosas as operações de depuração para as águas destinadas ao consumo humano e a numerosas indústrias. A carga grosseira torna os leitos instáveis, dificultando as operações de captação de águas para irrigação ou para outros usos. Enfim, a degradação do meio faz crescer a torrencialidade.

Ora, as descargas mais preciosas são as dos períodos de estiagem. O esgotamento dos cursos de água na estiagem ou uma baixa mais acentuada de suas descargas leva à rarefação da água no momento em que

as necessidades são maiores e, simultaneamente, a diminuir sua qualidade porque a concentração dos poluentes é aumentada. Inversamente, as descargas de cheias, raramente utilizáveis diretamente, ocasionam desgastes (inundações, desgastes das margens e obras de engenharia). Para tirar proveito das mesmas torna-se necessário construir represas, tanto mais volumosas quanto onerosas, visto que a irregularidade do regime é maior.

As ligações entre os aspectos do meio natural, que lembramos antes, e os problemas de administração dos assuntos regionais são evidentes.

Contudo, a ordenação regional, no nível de escolha das opções, exige análise sensivelmente diferente daquela que apresentamos. Ela permanece, por certo, interdisciplinar, mas a ótica é outra.[4]

A orientação que seguimos, com J. C. Griesbach, consiste em reunir e confrontar um certo grupo de aspectos do meio natural que se condicionam mutuamente e deles deduzir um primeiro diagnóstico. Outros elementos são então apresentados, o que leva a um segundo diagnóstico, mais preciso, e assim seguidamente. Nosso processo de integração avança por etapas sucessivas, correspondendo cada uma ao alargamento de um ângulo de visão e estabelecendo simultaneamente recomendações sempre mais precisas, portanto, mais operacionais. Este encaminhamento é profundamente diferente do utilizado pelo CSIRO, com objetivo muito próximo; repousa aquele em uma hierarquização de fatores obtidos graças à análise taxonômica. Uma das vantagens resultantes é a articulação mais fácil dos trabalhos setoriais realizados pela equipe interdisciplinar, o que oferece grande interesse prático.

As etapas sucessivas, por nós definidas, são as seguintes: definição do quadro regional; análise morfodinâmica; recursos ecológicos; problemas da gestão do território.

A — DEFINIÇÃO DO QUADRO REGIONAL

Este quadro transcende, geralmente, a região que se pretende ordenar ou remanejar. Dois aspectos são tomados em consideração:

1.º As condições climáticas, analisadas sob ângulo ecológico e morfodinâmico. Trata-se de definir o clima regional, habitualmente a partir dos dados disponíveis, isto é, sobretudo daqueles fornecidos pela rede climatológica nacional, apesar da sua inadequação, por demais freqüente. Bem entendido, é necessário examinar os estudos que permitem melhor apreciar o clima e, sempre que possível, utilizar as observações agroclimatológicas. Nas montanhas, a disposição em altitude suscita problemas particulares. Nesse nível, trata-se de definir os aspectos gerais, os princípios.

---

[4] Utilizamos, aqui, os resultados de uma reflexão feita por solicitação da COPLANARH, organismo venezuelano que estuda as terras e as águas na Venezuela. Fomos beneficiados com trocas de idéias com os engenheiros P. P. Azpurua, J. B. Azpurua e Arias. O método aqui apresentado foi elaborado por J. C. Griesbach, que foi nosso companheiro de trabalho nesse domínio.

Um estudo mais cauteloso leva em conta não apenas os diversos estágios, mas, também, a influência da exposição (topoclimas) intervindo durante o estabelecimento do diagnóstico agrológico.

2.º No quadro morfoestrutural é o segundo aspecto que tem que ser levado em conta. Muitas vezes as unidades morfoestruturais não coincidem com as regiões climáticas. Temos então uma espécie de "quadriculado" no qual se inserem unidades menores. As cadeias de montanha constituem freqüentemente, ao mesmo tempo, unidades climáticas e morfoestruturais, no interior das quais são encontradas unidades subordinadas, muito variadas, tanto morfoestruturais quanto morfoclimáticas. O Gresivaudan é um bom exemplo. O planalto de Valesole também.

Dois aspectos são tomados para definir o quadro morfoestrutural:

a) A tectônica que engloba, ao mesmo tempo, as deformações recentes e atuais, fontes de instabilidade morfodinâmica e as disposições tectônicas adquiridas em tempo mais antigo, que comandam a disposição do relevo, determinando subdivisões no conjunto regional.

b) A litologia: deve-se descrever os materiais geológicos em função de suas propriedades face às diversas manifestações da dinâmica externa (alteração, morfogênese e pedogênese). Deve-se insistir sobre os tipos de formações superficiais, geralmente mais importantes que o substrato geológico.

B — ANÁLISE MORFODINÂMICA

A análise morfodinâmica é conduzida a partir do estudo acima indicado, o que permite passar facilmente, se houver necessidade, do estudo de conjuntos bastante vastos, que interessam à gestão e encaminhamento dos problemas regionais, aos trabalhos mais detalhados, solicitados pelos serviços técnicos que se ocupam da agricultura, da conservação e do reflorestamento.

Enquanto na definição do contexto regional nos contentamos em justapor os aspectos climáticos e morfoestruturais, aqui devemos seguir um caminho definido pela aproximação taxonômica, que comporta sucessivamente:

1.º O estudo do sistema morfogenético, que é função das condições climáticas, do relevo (comandado pelo quadro morfoestrutural) e da litologia (igualmente função do quadro morfoestrutural). Em função do sistema morfogenético, delimitam-se as unidades que constituem o quadro no qual se procede a análise. Em uma mesma unidade morfoclimática o fator litológico introduz variações que podem ser chamadas de *litovariantes*. Suficientemente extensas, elas aparecem nas cartas. Tal é o caso, por exemplo, de um planalto calcário, uma área de colinas cristalinas, uma região de colinas argilosas... O vigor da dissecação introduz outras: as *topovariantes*. Pode-se introduzir, se desejável, parâmetros morfométricos para os precisar. Mas o essencial é reter os aspectos da topografia que influenciam a morfodinâmica; o valor dos declives, desnivelações e

comprimento das vertentes, litovariantes e topovariantes, nem sempre podem ser figurados em detalhe nas cartas em escala média. É necessário fazer aparecer os mosaicos, cuja estrutura deverá ser cuidadosamente definida e ilustrada por meio de croquis, perfis ou blocos-diagramas.

2.º O estudo dos processos atuais, que deve ser conduzido com base na perspectiva interdisciplinar que expusemos quando estudamos as relações morfogênese-pedogênese-ordenação ou reordenação do território. Três aspectos têm que ser fixados:

a) A natureza dos processos atuais, retornando à análise detalhada do sistema morfogenético, definido imediatamente antes. Os diversos processos devem ser enumerados, sendo preciso fixar suas modalidades, eventualmente nas diversas litovariantes e topovariantes. Cada processo deve figurar numa linha do quadro no qual são consignados os diversos elementos de estudo. Os dois outros aspectos dos processos atuais serão colocados nesta linha, nas colunas que se seguem.

b) A intensidade dos processos. Não é fácil conseguir esse tipo de informação. O ideal é poder dispor de medidas — e isto é raro. Apresenta-se, ademais, o problema de sua representatividade, de difícil solução. Freqüentemente temos que nos contentar com observações qualitativas, baseadas em critérios cuidadosamente definidos e consignados por escrito, para evitar divergências entre colegas ou alguma falha inconsciente nas apreciações de um observador. As observações indiretas são importantes, principalmente aquelas que utilizam a cobertura vegetal e os solos como índices.

c) A distribuição de diversos processos na área caracterizada por um mesmo sistema morfogênico. Na linha correspondente a cada processo que entra no sistema, indicar-se-ão as condições de litologia, declives, sítio geomórfico, exposição... as mais favoráveis ao processo. Definir-se-á, ao mesmo tempo, a estrutura espacial do mosaico e a inserção morfodinâmica de cada processo.

3.º As influências antrópicas vêm em seguida e merecem uma coluna no quadro. Importa, com efeito, conhecer as modalidades da dinâmica natural para se poder compreender os mecanismos de degradação antrópica e apreciar sua amplitude. O ponto de partida lógico é a análise dos sistemas morfogênicos naturais e dos processos que se associam para lhes dar origem. Mas a análise das influências antrópicas não pode se limitar, unicamente, ao aspecto geomorfológico. Impõe-se aqui uma abertura interdisciplinar. A degradação deve ser examinada, simultaneamente, sob os diversos aspectos que se condicionam uns aos outros: cobertura vegetal, solos, processos morfogenéticos, condições hídricas. Torna-se necessário enfatizar os mecanismos de degradação, suas modalidades, evidenciando sua lógica própria, que permite, em seguida, definir uma escala dos graus de degradação, de importância capital para determinar as medidas de conservação ou de restauração que deverão figurar num programa de organização ou reorganização do território. O encadeamento dos diversos estágios de degradação deve ser cuidadosamente estabelecido e a carta

deve pôr sua distribuição em evidência. As diversas unidades, caracterizadas pelas modalidades ou graus de degradação diferentes, devem servir de quadro para prosseguir a análise, aparecendo sob a forma de linhas no quadro, linhas que se prolongam nas colunas situadas mais ao longe, à direita.

4.º O grau de estabilidade morfodinâmica, calculado a partir dos dados consignados que derivam da análise dos sistemas morfogenéticos, dos processos, e da degradação antrópica. Utilizar-se-á para esse cálculo o enfoque taxonômico, exposto anteriormente, objeto das relações morfogênese-pedogênese-reorganização dos territórios. Deve ser dada importância particular às tendências evolutivas: perigo de degradação das regiões que ainda não são degradadas, evolução regressiva naquelas em que o processo ocorre, estabilização progressiva... Esta coluna fornece, com efeito, um diagnóstico de grande importância para a avaliação regional e para as opções em matéria de ocupação, organização e gestão do território.

C — RECURSOS ECOLÓGICOS

Até o presente, nosso principal esforço foi concentrado nos fatores limitantes e sujeições que restringem a liberdade de ocupação e gestão dos territórios. Nesta nova etapa, abordaremos, agora, os dados positivos, os recursos cuja explotação deve intervir na ocupação e reorganização dos territórios. Devemos primeiro definir três ordens de recursos ecológicos, depois apresentar o diagnóstico agrológico.

1.º Recursos e regimes hídricos. Será necessário esclarecer o aspecto limitante que esse fator pode desempenhar em plano ecológico e agronômico, pois a reorganização e gestão do território pode, em certa medida, atenuar as limitações. Certos processos culturais apropriados podem aumentar a retenção da água pelos solos, melhorando sua estrutura. A drenagem, o saneamento, a proteção contra as cheias, a irrigação podem ser colocados no quadro dos projetos de manejo da hidráulica agrícola. O estudo dos recursos e do regime hídrico deve ser feito no quadro das unidades morfológicas, anteriormente definidas. Na maior parte dos processos morfogênicos a água interfere, constituindo indícios de regimes hídricos. As condições morfoestruturais comandam os recursos de águas subterrâneas, devendo ser assinaladas. Mas se torna também necessário extrair certas informações dos estudos pedológicos, tais como os fenômenos de saturação crônica ou permanente (hidromorfismo), a capacidade de retenção, a compactação dos solos.

2.º As condições ecoclimatológicas constituem outro aspecto muito importante. Partindo-se da análise das condições climáticas figuradas na apresentação do contexto regional, deve-se insistir nos dados agroclimatológicos, onde sejam disponíveis, dando-se grande importância aos topoclimas. O objetivo deste aspecto do estudo é o de permitir a escolha dos cultivos. Torna-se importante evidenciar os fatores limitantes, alguns dos quais podem ser corrigidos.

3.º Os solos, também, devem ser estudados no sentido agrológico. Desse ponto de vista, as fases são mais importantes que as séries. Importa fazer, cuidadosamente, a parte das manifestações de degradação, em ligação com o estudo da degradação antrópica que intervém na morfodinâmica. É, também, importante fazer aparecer as limitações oferecidas pelos solos. De maneira geral, o estudo pedológico não deve ser voltado para ele mesmo, devendo deixar aparecer as relações existentes entre os solos e a vegetação, e o que se estabelece entre a pedologia e a morfodinâmica.

4.º O diagnóstico agrológico coroa esta etapa. Seu objeto é o de apreciar, tão claramente quanto possível, as limitações oferecidas pelo meio no seu estado atual e em suas aptidões potenciais. Deve, também, definir as possibilidades técnicas de melhoria desse meio e dele fazer sobressair o seu interesse agrológico. O diagnóstico agrológico deve estabelecer uma espécie de balanço e indicar os cultivos ecologicamente mais adequados, definir as modalidades culturais e os tipos de rotação desejáveis. Com efeito, a etapa seguinte de estudo é a de determinar os tipos de ocupação, reorganização e administração do território considerado. O diagnóstico agrológico se coloca na confluência do estudo da condição existente e da escolha de opções que se queira fazer.

D — PROBLEMAS DA GESTÃO DO TERRITÓRIO

O diagnóstico agrológico enfatiza os problemas concernentes aos aspectos do meio natural que influenciam a explotação dos recursos ecológicos, levando em conta as características do meio, com suas limitações e possibilidades, e as técnicas suscetíveis de atenuar as sujeições naturais e de tirar melhor partido dos recursos sem os destruir. Faz-se o diagnóstico agrológico a partir de um encaminhamento de caráter puramente científico e técnico; ele é indispensável para que se possa decidir e aplicar, com sucesso, uma política de organização e gestão do território. Mas o diagnóstico agrológico não é suficiente.

A quarta etapa comporta um alargamento, em outros domínios, indispensável à ação. Tal alargamento tem por objeto transferir os problemas da gestão de uma área restrita para um conjunto orgânico mais extenso. É, também, uma integração que se reveste de duplo aspecto: dinâmico e espacial.

Para permitir ao poder decisório desempenhar seu papel e chegar à escolha, a equipe de técnicos deve efetuar, ainda, os três procedimentos seguintes:

1.º *Apresentação dos diversos tipos de administração e manejo possíveis, mostrando claramente suas vantagens e inconveniências.*

O melhoramento, ou, pelo menos, a conservação do meio natural, deve ser a preocupação maior, não devendo porém limitar-se exclusivamente aos aspectos técnicos. É muito cômoda a atitude adotada, há longo tempo, pelo grupo de especialistas em conservação — que qualifi-

caremos de "ultraconservacionistas" — e que consiste em proteger totalmente, "integralmente", a Natureza. É, sobretudo, inaceitável em face da humanidade em expansão demográfica exponencial, da qual mais de 90% vive mal e sofre de carência alimentar. As reservas naturais só podem ocupar pequenas superfícies, áreas de proteção biológica, o que equivale aos museus. O problema maior que os conservacionistas aceitam em todos os termos é o de chegar a ocupar, reorganizar e fazer o controle da Natureza de tal maneira que ela forneça aos homens o máximo de recursos sem se degradar. A solução é, incontestavelmente, bem mais difícil de se achar e praticar do que uma atitude de defesa intransigente.

O bom conhecimento da dinâmica do meio natural é, de qualquer modo, um ponto de partida insubstituível. Outros elementos, porém, devem ser levados em consideração: os fatores humanos e econômicos.

Neste ponto de nossas idéias, devemos adotar as soluções elaboradas a partir do conhecimento do meio natural em relação às condições demográficas, às aptidões técnicas das populações, sua capacidade de assimilação de novos métodos, sua maleabilidade em face da inovação e, bem entendido, às possibilidades de financiamento, relações custos-benefícios. Outro trabalho da equipe, que exige procedimento coordenado de economistas, sociólogos e geógrafos humanos, deve ser apoiado em base cartográfica e desenvolvido com profundidade menor do que o estudo do meio natural. Deve comportar, principalmente:

— a distribuição da população, sob a forma de cartas em pontos, permitindo reconhecer a localização exata das células familiares e dos indivíduos dentro dos principais grupos de idade;

— a localização da infra-estrutura: vias de comunicações, serviços de transportes, meios de estocagem e de transformação dos produtos agrícolas e florestais;

— a implantação dos serviços e centros sociais: dispensários, escolas, centros de atividades culturais, religiosas e recreativas.

Recomendamos incluir o levantamento de tais cartas em estudos para o desenvolvimento, realizados há muitos anos (J. Tricart, 1968). O Chile adotou essa concepção. Para a reforma agrária, o Governo fez chegar às municipalidades uma série de documentos cartográficos de escala grande: carta pedológica, carta das limitações de uso impostas pelos cuidados de conservação, carta das aptidões agrícolas, carta da distribuição das populações, da localização da infra-estrutura, da implantação de serviços, da estrutura da propriedade e da explotação (terras redistribuídas pela reforma agrária, propriedades individuais, explotações cooperativas de diversos tipos...). O objetivo era ajudar os camponeses a melhor conhecerem os quadros nos quais vivem e trabalham. Os técnicos das circunscrições administrativas remetem esses documentos aos conselhos municipais, aos responsáveis pelas cooperativas, aos comitês de reforma agrária, explicando-lhes a natureza e o significado, para melhor utilização. Desse modo pode ser estabelecido o diálogo entre os organismos locais, regionais e nacionais. Estamos convencidos que nenhuma ação de conservação, restauração ou explotação ecológica é suscetível de sucesso sem a participação dos que habitam as regiões nas quais ela é conduzida.

Fig. 24 – Proteção de corte rodoviário com pedra seca. Alpes franceses.

Moraina glaciar muito instável. A inclinação da parede, a 45°, ultrapassa a inclinação de estabilidade, pelo que foi logo revestida de pedras. A terra que desliza da parte superior, não revestida, demonstra a instabilidade de um corte com essa inclinação. As pedras custam pouco, sobretudo mão-de-obra; permitem a boa drenagem, diminuindo, assim, a tendência ao deslizamento; formam uma proteção flexível, podendo deformar sem romper, quando os movimentos não são excessivos (figura 25). Foto J. T.

Muitos aspectos da gestão dos territórios podem ser empreendidos sem grandes investimentos financeiros, graças aos trabalhos corretamente orientados das populações rurais. Aos técnicos cabe definir como o trabalho deve ser conduzido e escolher, entre as diversas maneiras possíveis, aquelas de mais fácil aceitação pelos interessados. Para chegar aí é preciso elaborar a síntese dos estudos sobre a dinâmica do meio natural, a tecnologia agrícola e as características sociais das populações.

Outros tipos de administração e manejo implicam em grandes investimentos, dada sua natureza própria, tais como a construção de barragens e de grandes equipamentos hidro-agrícolas. Torna-se necessário — além dos estudos precedentes — efetuar comparações de rentabilidade em escala nacional e estudar as modalidades de financiamento. Porém, é preciso evitar uma deformação bastante comum, que tem por efeito tornar pouco eficazes os créditos consagrados ao desenvolvimento: preferir grandes obras de organização ou remanejamento de áreas, realizações espetaculares que lisonjeiam o público, permitindo aos dirigentes fazer sua propaganda, e que oferecem, assim, benefícios substanciais, em cascata, a toda uma série de personagens mais ou menos suspeitas.

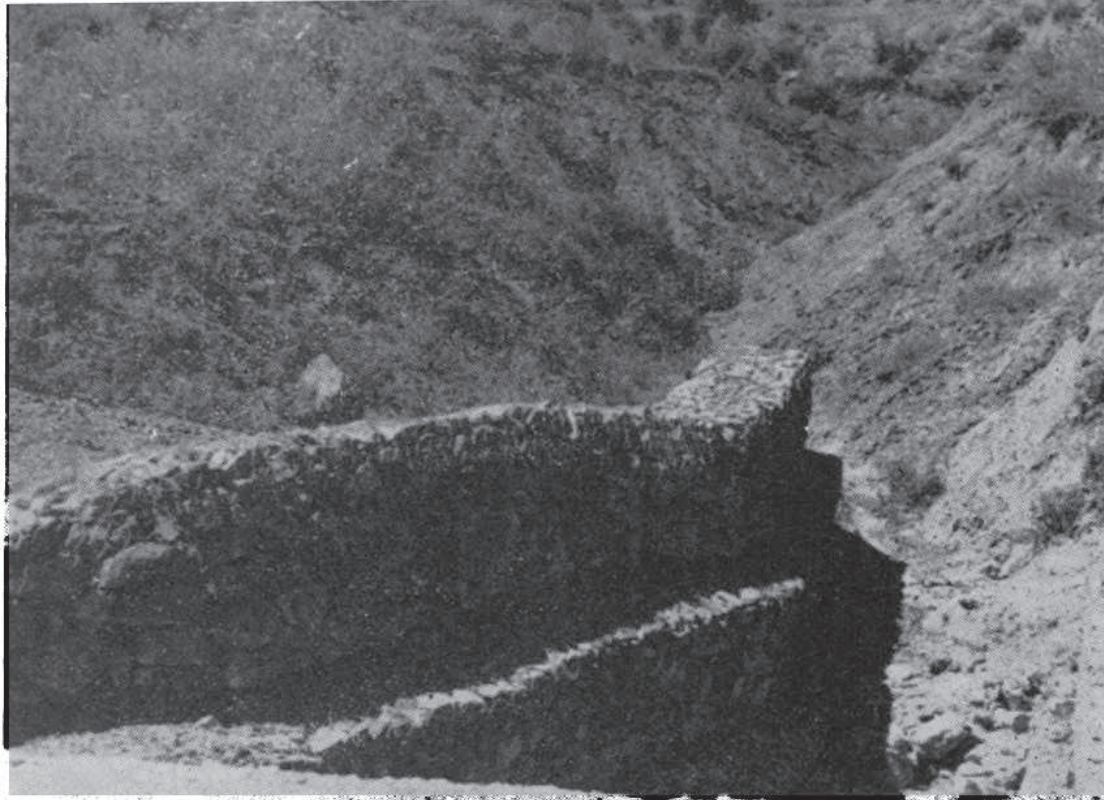



Fig. 25 — Deformação de muros protetores por movimento de massa. Bab—Taza, Marrocos.

Embora bastante deformados, esses muros de pedra seca ainda não foram rompidos. Foto J. T.

Fig. 26 — Tratamento de uma encosta com pequenos muros de pedra. Lagunillas, Venezuela.

Culturas de fumo e milho, pouco protetoras. O solo pedregoso cedeu o material para construir os pequenos muros (pedras soltas, sem cimento), resumindo-se os gastos à mão-de-obra, fornecida pelo sitiante, com ajuda de incentivos oficiais. Esse método de conservação só pode ser usado onde haja abundância de pedras: no Brasil, o sul e as áreas de caatinga, por exemplo. Foto J. T.

Fig. 27 – Vales e encostas estabilizados por muros de pedras soltas. Catalunha ocidental, perto de Tarrega, Espanha.

Tem-se utilizado, sistematicamente, a nível regional, o método demonstrado pela figura 26. A região apresenta forte instabilidade natural. O escoamento seria violento, como conseqüência das chuvas intensas de inverno e da rocha argilosa. Somente a "domesticação" tradicional da natureza tem permitido manter a exploração agrícola, através dos séculos. Com efeito, os muros de pedra seca retêm a terra que, sem eles, seria carreada pelo escoamento superficial. Além disso, eles diminuem a pendente, o que limita o escoamento e favorece à infiltração de água. As reservas hídricas do solo, tão necessárias durante o longo verão seco, são assim alimentadas ao máximo. Ainda mais: os muros de pedras soltas, sendo permeáveis, deixam a água excedente escoar e, dessa maneira, evitam deslizamentos, como ocorreria no caso de banquetas. Os vales também foram tratados com muros de pedras que aí desempenham funções idênticas. Foto J. T.

A discussão honesta entre os especialistas competentes deve permitir o preparo da solução correta, fazendo sobressair o que pode ser realizado com a participação das populações e nos limites cabíveis. Se estes limites são muito estreitos, a importância que as realizações podem assumir, exigindo investimentos financeiros elevados, deve ser cuidadosamente definida. É necessário evitar que essas realizações representem, como freqüentemente acontece, apenas uma solução de facilidade imediata, que venha a ser efetivada sem a população envolvida participar de sua implantação. De qualquer modo, o concurso dessa população é condição determinante do uso eficaz. Porém é, somente, depois da inauguração que as dificuldades aparecem... Os especialistas têm a responsabilidade de prever os problemas que surgem nas diversas hipóteses e de os analisar.

No entanto, as providências que acabamos de apresentar constituem uma integração lógica, concernente a uma extensão determinada, devendo ser completadas por uma outra: a integração espacial.

2.º *Classificação das regiões em função dos problemas da gestão do território.*

Colocaremos aqui o ponto de vista do meio natural, sem que isto implique em fechar os olhos para os aspectos humanos e econômicos. Nosso encaminhamento repousa num fato provado pela experiência: a organização ou o remanejamento de um território afetam, por vezes, áreas vizinhas, não compreendidas no perímetro a ser reorganizado, pois dependem do que se passa externamente. Em curtas palavras, existe interdependência de áreas mais ou menos vizinhas, que estão submetidas a certos elementos dinâmicos comuns. As bacias fluviais oferecem excelente exemplo disso. A dinâmica dessas bacias cria dependências mútuas entre suas diversas partes, principalmente por intermédio do fluxo da água e dos materiais carreados de diferentes maneiras, que definem a própria bacia.

É preciso não se contentar em examinar um território para organizá-lo. Torna-se necessário verificar se há laços de interdependência dele com as regiões vizinhas e quando tais laços existem, analisar sua natureza. Isso é indispensável para apreciar os efeitos "externos" que essa organização ou remanejamento pode exercer e preconizar as medidas que tenham por objeto limitá-los, se são nefastos, ou deles tirar partido, em caso contrário. Em uma palavra, é necessário integrar num conjunto mais amplo o perímetro a organizar.

Sob esta ótica, definimos, com Griesbach, um certo número de regiões em função das possibilidades de ordenação que precedem.

Dois pontos de vista diferentes podem ser tomados em consideração: o primeiro, apreciando a região em função de seu próprio potencial; o segundo, avaliando as repercussões que pode ter a dinâmica natural de uma região sobre a de outra, ressaltando a interdependência entre as regiões. É preciso assinalar que estas concepções podem-se aplicar aos fenômenos sócio-econômicos. O primeiro ponto de vista (possibilidades intrínsecas de gestão das regiões) conduz a distinguir os tipos *a, b,* e *c* abaixo. O segundo ponto de vista (influência da dinâmica de uma região sobre

as outras) é tomado em consideração nos tipos *d* e *e*. Bem entendido, como faremos em seguida, os dois pontos de vista devem estar combinados numa espécie de coordenadas.

a) *As regiões de produção* se caracterizam por condições naturais que permitem a valorização de seus recursos de maneira técnica e econômicamente satisfatória. Se preferível, são elas suscetíveis de assegurar a rentabilidade dos investimentos previstos.

Assinalemos que uma mesma unidade pode oferecer níveis de rentabilidade muito diversos segundo os tipos de gestão e manejo escolhidos. É possível que, nas condições dadas, somente alguns desses tipos sejam rentáveis, outros permaneçam deficitários. A análise deve dar grande importância a esse aspecto. Enfim, é possível que diferentes soluções técnicas sejam viáveis, por exemplo, o desenvolvimento da agricultura, da pecuária, da silvicultura. Sua rentabilidade pode diferir exatamente como suas implicações nos planos humano e financeiro.

O diagnóstico que chegue a classificar uma região por zonas de produção deve ser diversificado, podendo comportar toda uma série de variáveis qualitativas e quantitativas.

b) *As regiões marginais* são as que, embora ofereçam possibilidades técnicas de reorganização do espaço, não apresentam condições para assegurar uma rentabilidade aceitável dos investimentos necessários. Em outras palavras: são regiões que não valem a pena ser reorganizadas.

Esta definição repousa em critérios um pouco forçados, relativos, comportando grande dose de apreciação. Deixam larga margem de apreciação de natureza política: a pressão demográfica, a dificuldade de capitais, a possibilidade ou não de escolher investimentos mais atraentes, os desequilíbrios regionais e a intervenção de natureza política. Certas regiões marginais da Argentina, país de fracas pressões demográficas, mereceriam importantes cogitações de reorganização de território se estivessem na Colômbia, país de elevada densidade demográfica. A comparação das regiões consideradas em países diferentes esclarece as disparidades existentes entre os mesmos.

c) *As regiões compósitas* são mosaicos nos quais se justapõem meios suscetíveis de reorganizações de naturezas diversas: associam territórios próprios para a silvicultura, outros para a pecuária e a agricultura. Podem, também, associar tipos de meios produtivos e tipos de meios marginais em diversos graus, conexos ou não. Como sempre, o tipo de mosaico deve ser analisado e cuidadosamente definido. A proporção dos diversos componentes deve ser indicada.

Nas regiões compósitas, torna-se necessário atentar para os fenômenos de contato. A proximidade e a imbricação de pequenas unidades suscetíveis de serem reorganizadas diferentemente e de receberem investimentos desiguais devem ser levadas em conta, tanto para facilitar a vida de relação entre elas, quanto para evitar os desequilíbrios causados por contrastes muito acentuados.

d) *As regiões conexas* são regiões interdependentes sob certos pontos de vista. Reservamos a expressão para regiões marginais que influenciam regiões produtivas. Nestas condições, a dinâmica da região conexa comanda certos aspectos da região de produção. Não será possível negligenciar a região conexa quando se decide por organizar e desenvolver uma região de produção. Fazê-lo seria expor-se a descontentamentos que dificultariam a execução do planejado, criando o risco de torná-la ineficaz.

O exemplo mais comum de regiões conexas é dado pelas bacias fluviais. As planícies aluviais prestam-se a planejamento hidroagrícola, tendo por objeto desenvolver uma produção intensiva. Quer se trate da proteção contra enchentes, do saneamento, da irrigação, a bacia vertente assume importância decisiva. É ela que fornece as águas, das quais torna-se necessário defender-se ou que constituem um recurso apreciado. É dela que vêm os materiais carreados que ameaçam colmatar barragens, danificar os reservatórios de água potável que constituem valioso recurso. No entanto, é geralmente muito difícil fazer estudar e tomar a tempo medidas que permitam influir sobre a bacia vertente quando uma reorganização do território é decidida para aval. É, portanto, importante pôr em evidência esta interdependência e fazê-la compreender por certos engenheiros, economistas e planejadores.

e) *As regiões neutras*, enfim, são regiões marginais que não influenciam a dinâmica das regiões vizinhas.

Os tipos de regiões que acabamos de definir ordenam-se em duas séries complementares. Com efeito, adotamos dois pontos de vista que não se excluem: avaliamos as regiões por elas mesmas (regiões de produção, regiões marginais e regiões compósitas) e, por outro lado, examinamos a influência de uma região sobre as outras — existem regiões conexas que exercem influência sobre uma ou várias regiões de produção vizinhas e regiões neutras que não o fazem. Chega-se, assim, à taxonomia seguinte:

— regiões de produção;

— regiões marginais { conexas, neutras;

— regiões compósitas

Torna-se necessário, porém, não perder de vista que certas regiões podem influenciar, também, outras regiões de produção, principalmente aquelas situadas a jusante nas bacias fluviais. Estas regiões devem ser levadas em consideração durante o estabelecimento das recomendações.

3.º *Recomendações.*

Constituem a última fase dos estudos preparatórios e devem deixar aparecer, claramente, as diversas soluções possíveis, com suas vantagens e inconvenientes, e, sobretudo, suas exigências próprias. Algumas delas são

internas e atuam sobre a própria coesão dos projetos regionais. Outras são externas e levam em consideração solidariedades entre unidades que entram em um mesmo sistema natural ou sócio-econômico. Pode-se, não forçando, evocar uma certa analogia entre os fluxos de matéria (água, materiais transportados) dos fenômenos naturais e as migrações de populações. Uns e outros criam solidariedades inter-regionais...

O conhecimento das estruturas dos sistemas naturais e sócio-econômicos permite apreciar certas dinâmicas, prever as modificações que podem decorrer da reorganização do território. Cada unidade deve, também, ser estudada em função de seu princípio de coesão interna e dos laços de interdependência com outras unidades mais ou menos distantes.

São estes os pontos de vista e concepções que julgamos constituir a essência dos estudos integrados, tendo em vista o remanejamento e a gestão do território. Tal ponto de vista é capaz de responder a certas demandas externas à pesquisa. Pode também, cremos, contribuir para renovar a pesquisa e atenuar o desequilíbrio entre as análises pulverizantes, nas quais a pesquisa se engaja, e a necessidade de uma visão de conjunto, estruturada, indispensável à ação. Expusemos aqui um encaminhamento metodológico que responde às necessidades práticas, elaborado no decurso de trabalhos interdisciplinares com não geógrafos. Desejamos que ele contribua para convencer certos geógrafos do interesse e da necessidade de aproximação interdisciplinar de geógrafos, entre eles mesmos...

RESUMO

Até o presente, a geomorfologia era considerada como fornecedora dos quadros dos diversos fenômenos naturais, principalmente da pedogênese e da cobertura vegetal. Uma concepção apenas estática da geomorfologia, correspondente às descrições fisiográficas, foi utilizada, por exemplo, nos levantamentos de terras (*land surveys*) do CSIRO ou no conceito de toposeqüência (catena) dos pedólogos. Há uma dezena de anos examinamos as interferências entre pedogênese e morfogênese, isto é, interações dos dois meios dinâmicos. Tentamos dar aqui uma visão sinótica do problema sob a forma de um primeiro bosquejo de análise de sistemas.

Os modelados são mais ou menos instáveis em função da intensidade dos processos que os elaboram. Este ponto de vista dinâmico, oposto à concepção estática da fisiografia, constitui o ponto de partida de um exame das relações morfogênese-pedogênese, ampliado dos problemas de conservação e planejamento agrícola. Estes aspectos são apresentados no quadro sinótico, no qual é levado em conta o grau de instabilidade do meio morfogênico, de inserção espacial dos processos (generalizados e localizados), da sucessão no tempo, de períodos de maior ou menor estabilidade.

Este ponto de vista dinâmico aproxima-se do adotado pelos biogeógrafos e ecologistas vegetais, e se afigura indispensável a uma abordagem eficaz, de maneira interdisciplinar, dos problemas da valorização e gestão do território, pois as intervenções humanas que eles implicam modificam, necessariamente, as dinâmicas naturais. Está aberto, portanto, um caminho novo ao estudo integrado do meio natural.

V

ESTUDO E CARTOGRAFIA DOS MEIOS AMBIENTES DO PONTO DE VISTA ECODINÂMICO

Examinamos, agora, quais são as modalidades de intervenção determinadas pela organização e a gestão do território na dinâmica do meio ambiente. Isso nos permitirá definir um método de estudo capaz de evidenciar os dados necessários para avaliar o impacto dessas intervenções.

A – INSERÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO NA ECODINÂMICA

Esquematizamos na figura 28 a inserção das técnicas de manejo na ecodinâmica. As caixas desenhadas em preto representam os componentes principais do meio ambiente. Apresentam-se em vermelho as intervenções decorrentes do manejo. Em ambos os casos, as setas materializam as relações de causa e efeito. Os números inseridos nos círculos, no trajeto das setas, remetem a explicações que daremos adiante.

Limitamo-nos ao essencial, como cabe num esquema didático. Daí porque os componentes do meio ambiente são dispostos em apenas três colunas:

- À esquerda, aqueles nos quais a Vida intervém de maneira determinante: as biocenoses e a pedogênese. Um solo, realmente, é a parte superior da litosfera modificada de modo específico e característico pelos seres vivos.

- Ao centro, a morfodinâmica, que se coloca – como temos frisado – num nível taxonômico muito elevado quanto às interdependências. Representamos, dentro do quadro, as dependências mútuas entre os processos, por um lado; a litologia, por outro lado; e, enfim, a importância dos declives. Estes últimos resultam de uma evolução geomorfológica regional ao longo de extensos períodos de tempo, por exemplo, no amplo panorama da dissecação das elevações de um terreno ou do recobrimento pelos depósitos numa depressão. Na execução de projetos, geralmente se considera o valor dos declives como dado não variável. A modificação destes valores só é perceptível quando se usam medidas de tempo em

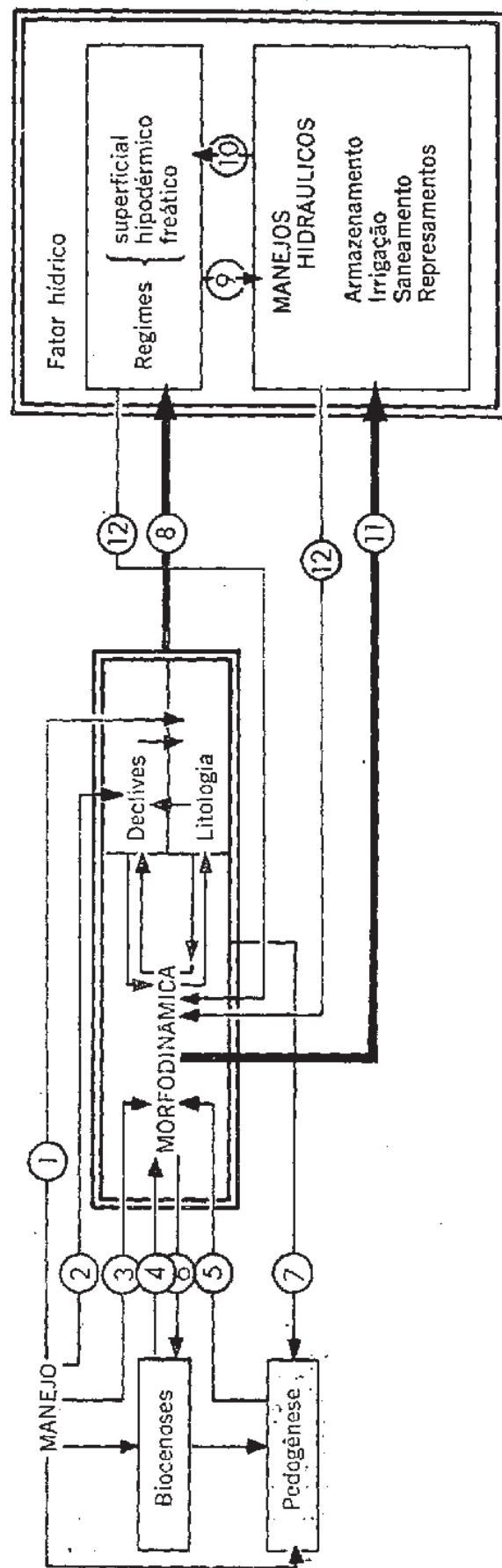



Fig. 28 – Inserção de técnicas de manejo na ecodinâmica natural.

escala sem correspondência com as adotadas nos projetos. Todavia, importa evidenciar bem as interdependências entre valor dos declives, litologia e morfodinâmica. Os métodos de restauração e de conservação das terras codificadas nos Estados Unidos entre as duas Guerras Mundiais dão ênfase muito unilateral ao valor da declividade. Isto levou à aplicação, por vezes sem discernimento, de uma série de recomendações quanto à destinação das terras ou o tratamento contra a "erosão". Daí resultaram várias frustrações, como o desencadeamento de movimentos de massa pelos terraços, favorecendo à infiltração dos terrenos argilosos. Sem desconhecer a importância do valor dos declives, que comanda a quantidade de energia da gravidade que penetra no ecossistema, não se deve nem superestimá-lo nem isolá-lo dos demais parâmetros.

• À direita aparece o fator hídrico. Nós o individualizamos em razão, principalmente, da importância dos tipos de manejo que o modificam (projetos hidráulicos), visto que, de fato, no ecossistema o fator hídrico se integra amplamente na morfodinâmica. A água pura, sem mistura, não existe na Natureza e todo fluxo de água é, *também*, um fluxo de matéria e, como tal, participa da morfogênese. Restringimo-nos a referir os três tipos fundamentais de escoamento: superficial (escoamento difuso, torrencial e fluvial), hipodérmico e freático.

Esses diferentes quadros figuram como *caixas negras*: o estudo de seu conteúdo constitui objeto de pesquisas especializadas que não podem ter limites. Certas interdependências entre eles serão mencionadas mais adiante (6, 7 e 8).

As formas de manejo foram agrupadas, por motivos práticos, em dois conjuntos dispostos nas extremidades de uma diagonal do organograma:

— Em cima e à esquerda, colocamos as que modificam diretamente o meio ambiente das plantas ou as biocenoses. Inexiste um termo genérico para designá-las, pois constituem objeto de toda uma série de práticas agronômicas, zootécnicas, florestais.

— Em baixo e à direita, representamos tipos de manejo hidráulico que agem diretamente apenas sobre o parâmetro hídrico do ecossistema: manejo de reservatórios para armazenamento de água, sistemas de irrigação e/ou saneamento (drenos, canais), represamentos de cursos de água. Essas modalidades de manejo são realizadas, habitualmente, por serviços especializados e engenheiros preparados para esses fins, o que, do ponto de vista prático, justifica sua apresentação à parte.

Apresentamos, agora, algumas interdependências, valendo-se dos números inseridos nos círculos do organograma:

1 — Certas práticas agronômicas modificam as características litológicas: desempedramento dos campos; subsolagem, desmantelando camadas impenetráveis às raízes; fragmentação de rochas compactas por meio de explosivos; formação de uma camada lavrada nas terras cultivadas. Assim se modificam as condições de morfogênese e de pedogênese, a circulação da água.

2 — Desde tempos longínquos os camponeses modificam os elementos menores da topografia, mediante a construção de muros de pedra seca, barragens, aterros, terraços; a lavra em curvas de nível, levando à formação de cordões de contorno, de camalhões, mais antigos do que os terraços e, geralmente, não apresentando os mesmos inconvenientes. Tais práticas são adotadas, espontaneamente, pelos camponeses de regiões do mundo muito afastadas, desde séculos e até milênios. Basta citar como exemplos os rizicultores da China, Índia, Luçon; os campônios do Peru incaico; os Dogons, os Kabrés, os Kirdis da África, os Kabyles; os lavradores de Cévennes e da Ligúria, da Picardia e da Lorena. Não se devem esquecer, ainda, as obras públicas, com seus desmontes e terraplenagens cada vez mais numerosos e consideráveis.

3 — Uma parte importante das intervenções que acabamos de enumerar entra, também, na presente categoria: terraços de cultura, cordões de contorno, valas e canais modificam o desenrolar dos processos morfogênicos. Deve-se acrescentar algumas práticas agrícolas que têm por objeto essencial modificar o comportamento da terra em face de certos processos: lavra em curvas de nível para reter as águas pluviais e impedir o escoamento, gradagem e destorroamento das terras nuas depois das chuvadas, para destruir a crosta compactada, são práticas muito antigas de conservação do solo. Entretanto, outras práticas são, ao contrário, degradadoras e reforçam os processos morfogênicos suscetíveis de destruir as terras: a compactação dos solos por máquinas muito pesadas, que os impermeabilizam e entravam a pedogênese; o arrasto de madeiras, encosta abaixo, que raspa o solo e arranca o sub-bosque, abrindo feridas que, às vezes, custam à cicatrizar e dão origem ao ravinamento; o bandono de águas concentradas por uma estrada num talvegue, onde geram escoamento torrencial capaz de aprofundar uma ravina; os cortes de taludes ou a construção de banquetas mal concebidas que provocam movimentos de massa, etc.

4 — As biocenoses influem na morfodinâmica. É um dos capítulos principais da "geomorfologia climática". Lembramos apenas os seguintes aspectos, a título de exemplo: modificação do regime térmico e hídrico da superfície do solo pela cobertura vegetal, efeito de rugosidade das plantas em face do escoamento da água e do vento, intercepção das precipitações pela vegetação, extração da água do solo pelas raízes, revolvimento da terra pelas raízes e os animais que a escavam, impermeabilização por compactação sob o efeito do pisoteio dos animais. Todos esses fenômenos afetam simultaneamente a morfogênese, a pedogênese e o regime hídrico. Eles são função do destino das terras (lavoura, pecuária, silvicultura), das técnicas de uso dessas terras (cultura mecanizada ou não, rotação de pastagens, por exemplo), da escolha das espécies utilizadas (coníferas ou latifoliadas, diversas plantas cultivadas, criação de bovinos, caprinos ou ovinos etc.). Tudo isso compõe o manejo e a gestão do território, desde o nível da propriedade agrícola até o da nação.

5 — Alguns dos atributos dos solos influenciam fortemente a morfodinâmica, notadamente a porosidade, que comanda a percolação da água;

a resistência mecânica dos agregados, designada "estabilidade estrutural" pelos pedólogos, da qual depende a intensidade da erosão pluvial; influência na alteração dos produtos de lixiviação dos solos, etc. Os seres vivos intervêm nas características dos solos, muitas vezes de maneira determinante, principalmente fornecendo matéria orgânica. A seta que liga "biocenoses" à "pedogênese" da idéia desta influência. Figura em vermelho porque quase todas as técnicas de manejo modificam diretamente as biocenoses, seja ou não de modo voluntário.

6 — Esta seta lembra os efeitos da morfodinâmica sobre o desenvolvimento dos seres vivos e, por conseguinte, sobre as biocenoses. Uma crosta batida ou uma forte contração da terra argilosa por efeito da dessecação prejudica e, por certo, impede a germinação das plântulas ou as mata. As torrentes e inundações causam numerosas vítimas entre os animais. A solifluxão deforma árvores e arbustos, entravando seu crescimento. As corridas de lama, os afundamentos, os desmoronamentos, o ravinamento, em certos casos, destroem, totalmente, a cobertura vegetal e deixam o material subjacente a descoberto. Limitamo-nos aqui a referir alguns exemplos particularmente evidentes. Para maiores detalhes, ver J. Tricart.[5] Salientamos um fato essencial: esta ação da morfodinâmica sobre as biocenoses é associada a uma retroação das biocenoses sobre a morfodinâmica, que referimos no item 4. Tal natureza das coisas justifica a abordagem sistêmica adotada. Explica, também, o risco considerável a que estão expostas as técnicas de manejo concebidas com espírito setorial: o de determinar retroações imprevistas aos efeitos prejudiciais.

7 — Os processos morfodinâmicos interferem também com a pedogênese. O conceito ecodinâmico que expusemos no Capítulo III permite esclarecer essas interferências. A definição das unidades ecodinâmicas a partir da estabilidade/instabilidade morfogênica determina as relações morfogênese-pedogênese. Os pedólogos do IRAT adotaram esta noção, constituindo-a em elemento central da legenda de suas cartas morfopedológicas. O jogo triangular das interações biocenoses-pedogênese-morfogênese está no centro das influências do clima sobre o relevo.

8 — Esta seta resulta, em grande parte, da maneira pela qual apresentamos os fatos. Para maior clareza, permitimo-nos uma distinção setorial, resultante da abordagem fracionada das disciplinas tradicionais. De fato, como mostramos anteriormente, é artificial distinguir os fluxos da água, tributários da hidrologia, e os efeitos morfogênicos desses fluxos, estudados pela geomorfologia. A água se amolda à superfície sobre a qual flui e arrasta partículas aí existentes. O fenômeno apresenta duplo aspecto, hidrológico e geomorfológico, somente devido à nossa atitude intelectual. O mesmo se passa com os fluxos subterrâneos que alimentam as fontes (aspecto hidrológico), mas, ao fazê-lo, contribuem para a pedo-

---

[5] TRICART, Jean. La géomorphologie dans les études intégrées d'aménagement du milieu naturel. *Annales de Géographie*, 82 (452): 421-53. Paris, Jui./Aout, 1973.

gênese, a alteração, a carstificação ou, conforme os casos, permitem os movimentos de massa. Declives e litologia, que figuram na *caixa preta* morfodinâmica, constituem também parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos.

9 — Os regimes hídricos comandam os estudos de viabilidade que se possam realizar quanto ao recurso *água*. Em certos casos, a água se comporta como causa de danos, por exemplo, quando ocorrem inundações ou encharcando terrenos, em decorrência de uma drenagem insuficiente ou do afloramento de um lençol aquífero. Eliminar ou diminuir esses prejuízos constitui um dos objetivos de certos projetos hidráulicos. Outro consiste em facilitar a disponibilidade do recurso, por exemplo, sob a forma de redes de canais de derivação alimentando perímetros irrigados ou consumidores urbanos e indústrias, ou, ainda, como reservatórios, para aumentar o recurso disponível nos períodos em que se torna insuficiente. Pode-se também procurar esses recursos complementares nos depósitos naturais, os aquíferos. É até possível realimentá-los. Todos esses tipos de manejo se prendem aos fluxos existentes no momento em que se realizam. Mas nesses fluxos só a água, em si mesma, é desejada e deve ser controlada (represamentos, obras de controle de enchentes). Os sólidos que ela veicula geralmente representam apenas uma fonte de estorvo e inconvenientes. Decantam-se os sedimentos nos tanques e canais, que aos poucos se tornam repletos, deixando de desempenhar o papel a que se destinam. Isso aumenta as operações de depuração para o abastecimento humano e certos usos industriais. Os sais dissolvidos se concentram por efeito da evaporação nos tanques de decantação e nos solos, que eles salinizam, limitando-lhes o uso. Os aluviões grosseiros alteiam os leitos represados e, assim, aumentam os riscos de rutura das barragens ou o transbordamento por sobre elas. Contribuem também para a colmatagem dos depósitos e represas. Todos esses fluxos de matéria são parte integrante da morfogênese. Eles criam dificuldades, por vezes intransponíveis, para o manejo de projetos hidráulicos, pois na sua execução não é possível distingüir entre a água e o que ela veicula. Em virtude da nossa apresentação do assunto, fomos obrigados a representar essa ligação por meio da seta 11, partindo de "morfodinâmica" e conduzindo a "manejo hidráulico".

10 — Esta seta materializa uma retroação do manejo hidráulico sobre os regimes hídricos. Faz lembrar, simplesmente, que esses tipos de manejo os modificam e chama a atenção para o fato de que as modificações provocadas não se resumem apenas às desejadas pelo projeto hidráulico. Os represamentos, por exemplo, modificam o campo de inundação. Sobre formações permeáveis, as inundações menos espalhadas e que se escoam mais rápido alimentam menos os aquíferos. Os reservatórios, contendo água que exerce uma certa pressão estática sobre a respectiva bacia, sofrem perdas que alimentam uma circulação subterrânea aumentada. Mas as relações podem ser mais indiretas e colocar em jogo aspectos morfodinâmicos. É o caso da incisão do Reno em seus aluviões da calha alsaciana, após o represamento no século XIX. Ele alcançou 14 metros

quando foi construída a barragem de Kembs. O teto do lençol freático aluvial, em equilíbrio com a água do rio, rebaixou-se proporcionalmente, o que provocou uma modificação ecológica significativa. O projeto de Donzère-Mondragon, no Ródano, teve conseqüências semelhantes. Inversamente, nas proximidades de Grenoble, os represamentos do final do século XIX provocaram a obstrução dos leitos do Drac e do Isère pelo alúvio grosso e o seu transbordamento dos leitos. O lençol freático dos alúvios acompanhou o movimento e, para além das barragens, grandes extensões de terras agrícolas se tornaram improdutivas e muitos terrenos nas cercanias de Grenoble não puderam receber construções, pois, em ambos os casos, eram alagadiços. [6]

11 — Ver o item 9.

12 — Foram apresentados, no item 10, exemplos de modificações da dinâmica fluvial. Certos efeitos são mais diretos do que outros. Por exemplo, os represamentos influem no aprofundamento ou no alteamento dos leitos (deposição aluvial), através de modificações do escoamento: concentração das águas num canal bem delimitado, o que acelera a velocidade do escoamento e, portanto, a força incisória, permitindo a mobilização de matéria, no caso dos aprofundamentos. Só pouco a pouco se toma consciência das condições de desencadeamento desses mecanismos. E não é raro que eles ainda sejam completamente omitidos nos tratados de hidráulica fluvial escritos por engenheiros responsáveis pelas técnicas de manejo...

Nosso organograma tem por objeto essencial dar idéia dessas interdependências, que constituem o centro da geografia física geral e que repercutem diretamente no manejo ecológico. Ele permite salientar a diferença entre dois grandes tipos de intervenções:

- Intervenções que se podem qualificar de *cirúrgicas,* visto que consistem em modificar brutalmente certos componentes do meio ambiente natural: correções de torrentes, represamentos, açudes, redes de saneamento ou de irrigação, etc. Elas substituem um "órgão" natural por outro, que se poderia chamar de artificial, ou cortam e extirpam esses "órgãos". O essencial das despesas é o investimento. Muito freqüentemente é difícil obter uma manutenção regular, o que pode sustar depois de certo tempo o funcionamento do projeto e torná-lo inútil, até perigoso, ainda que tenha sido concebido corretamente (caso de certas banquetas e terraços, dos represamentos que tomamos como exemplo). De qualquer modo, essas intervenções causam um verdadeiro traumatismo, cujas conseqüências estão longe de ser sempre previstas (represamentos do Reno, do Isère, do Drac).

---

[6] BLANIC, R. L'aménagement de l'Isère et du Drac; son influence sur l'activité agricole et l'urbanisation des vallées autour de Grenoble. *La Houille Blanche,* 3: 181-97, 1974.

• Tratamentos de tipo *terapêutico,* baseados numa intervenção contínua e flexível, modificada em função de uma vigilância permanente do conjunto natural a que se aplicam. Têm por finalidade modificar gradualmente o funcionamento do sistema natural. As intervenções de tipo ecológico entram nesta categoria, na qual constituem o essencial: melhoria das terras, escolha de biocenoses artificiais, de modo a permitir uma combinação ótima da produção e do ecossistema, métodos de cultura que tenham objetivo idêntico. É todo um domínio — em parte novo — da pesquisa agronômica, no qual o IRAT realiza alguns trabalhos experimentais. Esse tipo de intervenção, que utiliza espécies vegetais adaptadas (cobertura herbácea do solo, faixas de retenção, reflorestamentos) favorece a reprodução dos seres vivos e sua tendência específica à expansão. Requer apenas um pequeno investimento inicial, mas vigilância constante, observação atenta e créditos anuais garantidos por uma intervenção permanente durante 10, 20 ou 30 anos. Em outras palavras, fundamenta-se na maturidade dos responsáveis pelo orçamento, que em muitos casos estão longe de possuí-la.

Os dois métodos não devem ser opostos. Ao contrário, em certos casos, como na bacia do Soumman (Argélia), é desejável — como nós o aconselhamos — realizar manejos cirúrgicos (no caso, correção do leito e represamento parcial, proteção de taludes) visando obter um efeito imediato (proteção de boas terras agrícolas destruídas pelos transbordamentos do Soummam ou subutilizadas por causa das inundações) e, de modo combinado, um tratamento ecológico da bacia vertente. Este último admite, por exemplo, a restauração das terras nos setores críticos, desde que concebida tendo-se na mais alta conta as características e o potencial morfodinâmico e não apenas a vertente, como as banquetas de certos engenheiros.

Deve-se também modificar o uso das terras e a prática agrícola em função de uma experimentação conduzida segundo os princípios mencionados anteriormente. No caso do Soummam, esse tipo de ordenação e manejo da bacia vertente é necessário para assegurar longevidade aceitável às represas que devem permitir a irrigação do baixo vale. É preciso, então, que ele possa produzir *antes* que as barragens sejam construídas. Além disso, freará a correnteza e aumentará a infiltração sem perigo. Mais água alimentará as reservas do solo, o que, por seu turno, irá melhorar a produção agrícola e aumentar a vazão entre as cheias. Será obtida uma certa regularização do regime, ao mesmo tempo que a diminuição da carga sólida. O regime será menos "influenciado": as enchentes provocadas pelos aguaceiros serão menos violentas, de menor altura, mais dispersas, o que facilitará os manejos hidráulicos. As represas poderão ser mais eficazes para um mesmo volume. Os represamentos poderão ser dimensionados de maneira mais modesta, a menor custo e com o mesmo efeito. Os solapamentos e desabamentos diminuirão, o que aliviará as despesas de manutenção.

O exemplo do Soummam[7] tem valor geral. Mostra, por um lado, a necessidade de intervenção multiforme em elementos meticulosamente integrados, fundamentando-se assim numa abordagem sistêmica, e, de outro lado, o tipo de vantagens econômicas obtidas ao se proceder desta forma.

Mas dissemos terapêutica... Isto implica em um diagnóstico prévio. Como estabelecê-lo? Como, principalmente, apresentá-lo sob forma gráfica, visto que o administrador trabalha antes de tudo sobre planos e mapas?

B — O PROBLEMA CARTOGRÁFICO

As concepções novas que vimos de expor resultam de uma reflexão metodológica conduzida *a posteriori* sobre intervenções práticas, em grande parte empíricas. Não é possível abordar esses problemas mediante encaminhamento teórico, já que são demasiado complexos. Tal procedimento leva infalivelmente a esquematizações por demais simplificadas e, portanto, simplistas, que nem chegam a caricaturas, pois uma caricatura se assemelha ao seu objeto...

Nosso próprio encaminhamento, com ponto de partida na geomorfologia, comportou numa primeira etapa pesquisas de trabalhos desta disciplina e de suas congêneres, principalmente hidrologia e pedologia. Evidenciou-se então que os limites convencionais que as separam eram completamente artificiais, visto que os objetos dessas ciências são amplamente comuns. Simultaneamente, aprofundamos as possibilidades de nos valermos de uma abordagem sistêmica, cuja origem se radica no ensinamento de nosso mestre A. Cholley (cf. a expressão, por ele criada, "sistema de erosão", contemporânea da de ecossistema), a quem não se rendeu a homenagem merecida.

Pudemos então desembocar naturalmente na ecologia.[8] Elaboramos nossa concepção dos graus de estabilidade morfodinâmica a partir das relações morfogênese/pedogênese, a que depois demos forma para ajudar um organismo venezuelano — a COPLANARH — a estudar os recursos de solo e água da Venezuela. Nosso artigo nos *Annales de Géographie* (1973) delimita essa etapa. A segunda consistiu em estudar os fluxos de energia de radiação no conjunto dos ecossistemas, e não mais somente nas biocenoses, como o fazem certos "ecologistas". Desde então, tínhamos as possibilidades de uma integração satisfatória, transpondo as fúteis barreiras entre disciplinas, e, sobretudo, de uma integração capaz de responder às necessidades de ordenação, manejo e desenvolvimento, que temos por objetivo satisfazer.

---

[7] Estudo realizado por solicitação do Governo argelino, pelo grupo Coyne & Dellier, engenheiros-consultores, Centro de Geografia Aplicada. Encontram-se algumas indicações sobre esse estudo em: J. TRICART. De la geomorphologie a l' étude ecographique integrée. *L'Agronomie Tropicale,* 29 (2-3): 122-38. O mesmo número especial também contém um conjunto de artigos sobre as cartas morfológicas do IRAT.

[8] TRICART, Jean. *La Terre; planète vivante.* Paris, PUF, 1972. 183 p., 3 fig.

Reportamo-nos a essas etapas do nosso pensamento porque elas se traduzem diretamente no plano cartográfico. Tentamos primeiro aplicar o método de levantamento de solos do CSIRO, melhorando-o. A administração de projetos territoriais não pode se satisfazer com escalas inferiores a 1/250.000, as únicas utilizadas pelo organismo australiano. Nós trabalhamos com 1/50.000 e 1/25.000. Esta diferença de escala obviamente comporta detalhe muito maior de informação. Substituímos a foto-interpretação extensiva, apoiada em raros e rápidos transectos, por um levantamento sistemático do terreno, associado freqüentemente ao de mapas geomorfológicos. Enfim, reunimos os principais processos morfogênicos.

A Montanha de Clape foi levantada segundo esta concepção, pelo Ministério da Agricultura [9].

Este trabalho não nos satisfaz inteiramente, pois é sobretudo descritivo e as diferentes componentes ecológicas fixadas são apresentadas individualmente e não segundo uma abordagem integrada. Nas pequenas escalas que usa, o CSIRO pode se limitar a representar unidades fisiográficas. Nas grandes escalas de nossos trabalhos, a mesma concepção nos induziu a uma análise mais detalhada e à figuração dos componentes dessas unidades fisiográficas. Aumentando o seu número, impôs-se escolher. Isto nos permitiu incluir os processos morfogênicos, mas nos obrigou a eliminar a pedogênese e a hidrologia.

No conjunto, esse tipo de mapa apresenta todos os defeitos de uma abordagem setorial. Contém, em princípio, a multiplicação ao infinito de consultas a especialistas, com dilação de prazo e aumento correlato do custo dos estudos. Ora, elas não podem conduzir a resultado satisfatório, pois apenas restam subterfúgios, como a superposição de desenhos dos diversos elementos cartografados ou o estabelecimento de matrizes. [10] Chega-se logo a um limite para sua utilização, por exemplo, três ou quatro para as superposições desses desenhos. Há mais, no entanto: uma soma não é uma integral e, ainda menos, uma função. Não se processa a integração. O enfoque, permanecendo estático, é inadequado à gestão do território, que é dinâmica.

Uma segunda etapa, no quadro de uma cooperação estreita com o IRAT (Serviço de Pedologia), traduziu-se pelo preparo de *cartas*, chamadas morfopedológicas. Seu princípio, como o definiu J. Kilian, chefe desse Serviço, consiste em delimitar extensões caracterizadas por certo tipo específico de relações entre a geomorfologia e os solos. Um denominador comum dessas relações, sempre determinante, é a litologia, entendida no senso lato, ou seja englobando todos os materiais próximos da superfície, o bastante para influir na pedogênese (rocha matriz ou formações superficiais autóctones ou não).

---

[9] TRICART, J. *Carte géomorphologique et description au milieu naturel de la Montagne de la Clape.* Centre Doc. Cartogr., CNRS. Mém. et Doc., 12: 165-80, 1971.

[10] Método de McHARG, ver M. FALQUE: Pour une planification écologique. *L'Irrigant,* 59: 3-22, 1972.

Os primeiros ensaios eram, ainda, amplamente fisiográficos. Isto se justifica nas regiões morfodinamicamente estáveis, onde as formas e formações superficiais são herdadas e onde os solos se desenvolvem sem restrição morfodinâmica apreciável. Mas, em breve, a concepção evoluiu e se enriqueceu. Os processos morfogênicos foram representados em mapas de maneira destacada, quase sempre em vermelho. Em certos casos, as condições hídricas, que constituem um aspecto particular da morfodinâmica, têm sido indicadas em azul, por exemplo, num bem sucedido mapa de R. Bertrand, do Delta Interior do Niger, em Mali.[11] Resta muito a fazer para melhorar a redação desses mapas, mas os meios faltaram, e, ainda, faltam, para realizar ensaios. Não obstante, a concepção é válida, pois estas cartas têm sido adotadas pelos agrônomos africanos e franceses responsáveis pela administração de projetos.

Foi considerando essa experiência comum com o IRAT e os progressos metodológicos expostos na primeira parte que elaboramos a concepção de um mapa ecodinâmico. Apresentamos aqui um ensaio conduzido nas cercanias de Sainte-Maxime (Var). Outros estão em curso em algumas regiões com ecossistemas diferentes (Alsácia, América do Sul).

Esse mapa, designado pelo nome de *ecodinâmico* (fig. 29) tem por objeto evidenciar as modalidades de funcionamento do meio ambiente dos seres vivos, inclusive o Homem. Visa definir a inserção das intervenções de um ponto de vista dinâmico, evolutivo e, assim, fornecer elementos de apreciação para a interferência dessas intervenções. De qualquer modo, ele tem por fim contribuir para definir o *grau de sensibilidade* do meio ambiente em face dos fenômenos espontâneos e de nossas intervenções.

Após diversas experiências e uma reflexão coletiva,[12] pareceu-nos necessário distingüir cuidadosamente duas etapas sucessivas, traduzindo-se cada qual por mapas diferentes:

a) O mapa ecodinâmico, que é um estudo fundamental, destinado a evidenciar os caracteres específicos do meio ambiente, independente de qualquer hipótese de intervenção. Entre os dados representados, apenas o manejo é suscetível de se modificar rapidamente. Os outros dados só entram em causa mais lentamente, por exemplo, ao influxo do progresso de nossos conhecimentos (novas observações climáticas, novas estações de medição, intensificação de análises das águas, etc.). No estudo da Alsácia, propusemos desenhos com referência direta a um banco de dados por meio de números codificados.

b) Os mapas de estudo de projetos, que se apóiam no conhecimento fundamental adquirido por ocasião do preparo do mapa ecodinâmico, mas

---

[11] Ver o número especial de *L'Agronomie Tropicale,* cit. in ref. 7 (nota de rodapé).

[12] Essa reflexão foi conduzida em nossos próprios seminários do 3.° Ciclo e no quadro do CGA — Centre de Géographie Appliquée (La 95 no CNRS). Nossas orientações foram confirmadas pelo Sr. Glass, Delegado Regional para o Meio Ambiente, que solicitou à Universidade Louis Pasteur realizar, com esse objetivo, um estudo-piloto sobre a Alsácia.

que têm finalidade mais particular e conjuntural. Destinam-se a salientar as conseqüências esperadas de um determinado manejo e, eventualmente, a representar proposições que permitam limitar alguns de seus inconvenientes previsíveis. Por exemplo, no caso da construção de uma represa, indicar as partes da bacia-vertente a proteger ou restaurar para retardar a colmatagem do reservatório, recomendar os métodos de tratamento a adotar. Sempre no mesmo caso, consignar as modificações do campo de inundação a jusante e as conseqüências que podem advir na recarga dos lençóis freáticos. Isto requer novos estudos, facilitados pelo conhecimento prévio contido no mapa ecodinâmico. Estes estudos se inserem na elaboração de um projeto determinado e devem ser realizados por solicitação, dentro deste quadro.

Limitar-nos-emos aqui ao mapa ecodinâmico, pois a diversidade de estudos de projetos é praticamente infinita.

O mapa ecodinâmico deve representar certas informações que não tomam parte na dinâmica em si mesma, mas nela influem:

- Os declives, que não aparecem diretamente nas cartas topográficas. É conveniente evitar ao usuário o trabalho de calculá-los. As classes de declives fixadas não devem ser muito numerosas, a fim de não prejudicar a captação de outras informações abrangidas, que são geralmente mais importantes. Os limites dessas classes devem levar em conta normas técnicas formuladas pelos agrônomos, urbanistas, engenheiros de obras públicas. Elas são, infelizmente, mal codificadas e variáveis de um a outro país, até mesmo de um serviço para outro. É preciso harmonizá-las o quanto possível, com valores-de-entrada do ponto de vista morfodinâmico, a fim de melhor evidenciar o domínio de ação dos processos, principalmente os que podem se tornar críticos sob o efeito de certas intervenções. Infelizmente, têm sido feitas muito poucas pesquisas sobre esta questão e, além disso, não há limiar preciso para certos processos, como o escoamento superficial difuso. Isto anima a dar certa prioridade às normas técnicas, ao menos provisoriamente.

- A litologia, cuja importância foi justificada anteriormente. Do ponto de vista prático, a espessura da camada penetrável pelas raízes desempenha papel capital, tanto para a vegetação espontânea quanto para as plantas introduzidas. Uma espessura reduzida constitui limitação muito estrita, à qual os pesquisadores do IRAT atribuem grande importância, enquanto a maior parte das classificações de solos a negligenciam. Certos relevos menores — pirambeiras, lajes, pedregulhos — devem ser figurados, pois constituem comumente nichos ecológicos capazes de abrigar biocenoses particulares que podem ser dignas de interesse.

Declives e litologia constituem-se numa espécie de fundo de mapa que fornece dados estáticos do ponto de vista do manejo. Por isso devem ser figurados em tintas suficientemente neutras para não competir visualmente com a representação da dinâmica, objetivo real do mapa.

- A morfodinâmica, no plano taxonômico, é a primeira das três componentes maiores da dinâmica. O mapa deve colocar em evidência o

grau de estabilidade do meio ambiente, como também especificar a natureza dos processos em jogo. Por exemplo, para os leitos de córregos e outros cursos de água, indicamos os que estão aprofundados, distinguindo-os dos que ainda se entalham atualmente e dos que já são estáveis. A classificação dos processos repete a que foi estabelecida para o mapa geomorfológico detalhado da França, no quadro da RCP 77.

• A pedogênese é outro parâmetro importante, como revela o complexo de interações no qual intervém. Nesta matéria, apoiamo-nos na experiência do IRAT. Ela mostra que as classificações tão a gosto de certos pedólogos não têm qualquer utilidade agronômica. Aliás, nós mesmos pudemos evidenciar o caráter artificial dessas classificações, que se fundam no postulado da ausência de condicionamentos morfodinâmicos na formação dos solos, o que só se verifica em condições particulares. Tudo isso nos levou a figurar, como o IRAT, não tipos de solos definidos em função de uma ou outra classificação, mas *tendências de pedogênese,* subdivididas, eventualmente, em graus de intensidade. Como não pudemos contar com a colaboração de um pedólogo na nossa experiência de Sainte-Maxime, limitamo-nos a uma informação bem sumária sobre este ponto.

• O regime hídrico permite avaliar um fator ecológico de grande importância. Retomamos os tipos de regime definidos quando de nossos estudos anteriores sobre a cartografia hidromorfológica: superficial, hipodérmica e freática. Mas somos inclinados a insistir quanto à profundidade dos lençóis, à configuração dos campos de inundação, às relações entre os lençóis e às águas superficiais (exsurgências, alimentação). Nossas pesquisas em curso na Alsácia dão ênfase especial a esses aspectos, de menor importância nas vizinhanças de Sainte-Maxime.

Enfim, o mapa ecodinâmico deve representar também o arranjo do território: áreas edificadas, vias de comunicação, tipos de uso das terras, que são indicados nas cartas topográficas que lhe servem de base. Mas isso não basta, impondo-se completar essas cartas, notadamente no que se refere a:

— obras de orla marítima ou de ribanceiras de cursos de água: muros, enrocamentos, pilares e plataformas, cais, quebra-mares, molhes etc.;

— captações e tomadas de água, despejos nos cursos de água ou no lençol;

— manejo de terras: culturas em terraços, banquetas, canais de retenção, camalhões, desempedramento, etc.

Tais são as concepções que presidiram o levantamento e o estabelecimento do mapa experimental das cercanias de Sainte-Maxime, que vamos apresentar agora.

Essa região possui três características principais que justificam nossa escolha:

• É relativamente diversificada, com um vale recoberto por alúvios, o de Préconil, colinas bem acentuadas e um litoral.

• É representativa das regiões francesas mediterrâneas, submetidas há séculos a uma pressão agropastoril que degradou seriamente as formações vegetais e que hoje são afetadas pela retroação das atividades agropecuárias e uma forte pressão turística (urbanização de residências secundárias).

• Das características precedentes decorre a necessidade de medidas de proteção e de organização territorial, fortemente sentida pela população regional.

As cercanias de Sainte-Maxime são formadas pelo Maciço de Mauresci, afloramento das formações metamórficas que vão de micaxistos mais ou menos quartzosos a gnaisses francos, relativamente compactos. Mas predominam gnaisses passando aos micaxistos inferiores. São geralmente muito fendidos, o que facilita sua alteração. Algumas faixas de xistos pouco metamorfizados, sericitosos, e certas camadas de micaxistos cinzentos geram, respectivamente, formações mais resistentes e menos resistentes do que os micaxistos em metamorfose para gnaisse. No conjunto, o folheado e as estratificações — quando reconhecíveis — são sempre fortemente inclinados, com cerca de 60-70°, na maioria dos casos.

Mas essas rochas sofreram metamorfoses sucessivas, que introduziram certa variedade nos detalhes da paisagem. Elas mostram os traços de uma alteração que parece ter sido bastante ativa, em certos casos. Pelos sítios, nas encostas das colinas, mais raramente nos cumes, em geral nos declives mais suaves, permanecem restos escassos de areia avermelhada, de tonalidade ocre-pardo-avermelhada ou ocre-alaranjada. Ocupam áreas reduzidas, de algumas dezenas ou centenas de metros quadrados, e são sempre truncadas e recompostas em superfície. São restos de alteração antiga, freqüentemente continuada nos depósitos das encostas. A rubefação resulta da liberação do óxido de ferro levemente hidratado pelos minerais ferrosos dos xistos e as biotitas dos micaxistos e gnaisses. Encontram-se ainda pequenas cavidades residuais de gnaisse decomposto, também elas truncadas. Tudo isso só pôde ser transposto para o mapa por meio de sinais convencionais.

Esses restos de formações de alteração têm duplo interesse: seu desmantelo forneceu grande parte da matriz das formações de vertente e coluviões que constituem os melhores terrenos; ademais, são penetráveis pelas raízes, e onde existem esses solos as formações vegetais são mais vigorosas e possuem maior número de espécies.

A maior parte das colinas do embasamento paleozóico se caracteriza, no entanto, por uma alteração muito menos manifesta: limita-se a uma desagregação que as torna friáveis, desfazendo-se ao primeiro golpe do martelo. A penetração das raízes é facilitada, mas em compensação a capacidade de retenção é quase nula, pois praticamente não ocorreu neogênese de argila. As raízes devem se alimentar, principalmente, numa circulação ao longo das fissuras, lenta e pouco abundante. Não obstante, onde há gnaisses desagregados de maneira generalizada e na espessura de alguns metros, observa-se um regime hipodérmico pouco abundante, com fontes e nascentes mantendo um fluxo invernal nos cursos de água

de certa importância. Estas condições são bastante satisfatórias para permitir o cultivo — quase sempre com videira — das encostas frágeis, constituídas desse tipo de material.

A litologia intervém para modular os caracteres dessas alterações. Os leptinitos intercalados nos gnaisses permanecem íntegros e alimentam pequenas praias de pedras roladas decimétricas (encostas do monte situado entre a Alta Suane e Guerre-Vieille). Os gnaisses desprendidos de filões de quartzo se comportam de igual modo, mas, liberam uma mistura de cascalho e areia com seixos menores. Ao contrário, certos gnaisses compactos não são alterados e, íntegros, afloram em lajes (encosta SW da Baixa Suane, por exemplo). Os micaxistos menos metamórficos são os menos alterados. Afloram íntegros, apenas com uma fina cobertura descontínua de cascalho.

Essas alterações, leves no seu conjunto — ao menos para o que agora resta — são pouco favoráveis aos mecanismos de desnudação. Não ha *tors.* [13] Apenas alguns cabeços de rochedos, pedregulhos, lajes de gnaisses excepcionalmente maciças ou ricas em quartzo, leptinitos. Mais freqüentemente, nos setores em que as alterações são de pouca monta, aparecem pedras grandes, até blocos de um a dois metros. O maciço da Alta Suane se constitui inteiramente desse tipo de material. Aí as raízes penetram mal. As formações arbustivas cedem espaço às vinhas. O poder tampão do solo é muito fraco e o escoamento em filetes de curso divagante é considerável por ocasião dos fortes aguaceiros.

Essas condições litológicas, associadas a declives, desde bastante acentuados a fortes, fazem dessas colinas um meio ambiente frágil. O clima aumenta o perigo, com uma estação seca bem delimitada, coincidindo com as mais altas temperaturas. As reservas de água do solo são reduzidas, no conjunto, o que agrava os efeitos dessa restrição climática. Como não dispomos de mensurações do regime hídrico dos solos e formações superficiais, não os pudemos figurar. Mas a representação do parâmetro litológico foi concebida de modo a fornecer informação indireta a respeito. Os setores mais privilegiados são as acumulações coluviais, as encostas suaves no gnaisse decomposto ou profundamente desagregado, as vertentes expostas ao N e NE com gnaisse decomposto, vestígios de areias avermelhadas, formações de declives. A superioridade dessas últimas vertentes decorre, em parte, de sua exposição no lado mais sombrio (encosta norueguesa, em contraposição à encosta soalheira), que diminui a evapotranspiração, permitindo mais longa duração das reservas de água.

A análise não pôde ir mais longe, à falta de dados de observação sobre os topoclimas e bioclimas. Tal carência é comum, impedindo-nos incorporar diretamente o parâmetro climático a nossos mapas ecodinâmicos. Somente omitindo o clima podemos contornar essa dificuldade, contentando-nos em figurar dados observáveis que combinem seus efeitos a outros.

---

[13] *TOR* é palavra de origem gálica, usada pelos ingleses para designar o amontoamento de matacões limpos do material arenoso que antes se havia formado ao longo das fissuras da rocha.

Essa superioridade quanto ao regime hídrico explica a localização antiga dos territórios:

— O conjunto mais vasto ocupa as encostas suaves das baixas cadeias litorâneas a W de Préconil. Estreito em Croisette, ganha amplitude em Guerre Vieille, Beauvallon, Cavillon, Reymond. Esses terrenos foram extensamente urbanizados desde o início do século: prestavam-se à construção de castelos e grandes mansões com parques e belos jardins de recreação. Encontra-se ali um grande campo de golf, dependência do hotel Beauvallon, palácio da Côte d'Azur dos arquiduques...

— Outros conjuntos, mais exíguos e menos favorecidos, coincidem com os coluviões acumulados à margem do vale do Préconil, próximo de Ste. Maxime e de Virgili e ao longo do afluente que outrora seguia a estrada de ferro departamental. O afastamento do mar retardou, aí, a pressão turística, que toma a forma de expansão da aglomeração de Ste. Maxime, desde 10 a 15 anos. Notamos, todavia, que a faixa coluvial litorânea situada a NE do núcleo urbano teve a mesma evolução das cercanias de Beauvallon e de Guerre Vieille, antes de ser ocupada, mais além do centro urbano, pelos pavilhões recentes.

Atualmente, instalam-se loteamentos nas colinas escarpadas (Les Boutilliers, Souleyas, vertente N da cota 156 a N de Guerre Vieille), onde as formações de declive alimentadas pelo embasamento alterado são delgadas, ou mesmo ausentes, e onde a vegetação é frágil, pois dispõe de reservas hídricas escassas. Os trabalhos originam processos de escoamento concentrado, com incisão de ravinas. Mas, o poder cicatrizante de vegetação é suficiente para promover a fitoestabilização dessas ravinas em alguns anos, uma vez terminados os canteiros de obras. O perigo de degradação ficará limitado quando as construções passarem a ser feitas pelos proprietários individuais de terrenos. De fato, a locação dos canteiros é muito restrita e o acréscimo de escoamento só afeta uma extensão reduzida das bacias vertentes, num dado momento. A construção de casas, em série, pelos promotores dos loteamentos é muito mais perigosa. Neste caso, os coeficientes de escoamento superficial nas bacias vertentes aumentam consideravelmente, na ordem de quilômetro quadrado. Devem ser tomadas precauções para escoar as águas, a fim de não ativar os córregos, que atualmente são estáveis, se bem que aprofundados.

Outro tipo de degradação, bem conhecido na Provença, decorre dos incêndios florestais. Outrora parte integrante do sistema pastoril, as queimadas se tornaram tradição — em certa medida — e, além disso, são favorecidas pelo crescente afluxo turístico. Por todas as colinas, fragmentos de quartzo avermelhados, na superfície do solo, por vezes restos de carvão de madeira, atestam a ocorrência de incêndios não muito antigos. O pequeno vale de Croisette, acima de Souleyas, mostrava, em dezembro de 1974, traços de um incêndio remontando a alguns anos: pinheiros calcinados ainda se mantinham em pé. Neste setor, são significativos os sinais do escoamento: a erosão pluvial e o escoamento incipiente concentraram pedras numa camada protetora superficial, que, uma vez formada, diminuiu a mobilização das partículas finas. Incisaram-se sulcamentos, o

córrego da Croisette desbarrancou algumas ribanceiras sob o efeito de enchentes mais violentas, mas como ele corta uma alternância de bolsões de gnaisse decomposto e bancos de rocha íntegra, os efeitos do incêndio no seu leito se tornaram desprezíveis.

Após este incêndio, cuja data testemunhos contraditórios não nos permitiram precisar, mas que parece remontar por volta de 1969, teve início uma fitoestabilização. O estrato inferior (menos de 0,5 m de altura), formado principalmente por mato lenhoso, reconstituiu-se em lugar do estrato arbustivo. Ora, é esse estrato baixo que desempenha o papel decisivo na dispersão da energia cinética das gotas de chuva e, portanto, em face da erosão pluvial e laminar. Em condições edáficas aparentemente análogas, manifesta-se uma diferença sensível entre as vertentes expostas a SE e as voltadas para W e NW. Enquanto aquele estrato baixo é completamente fechado nestas últimas, permanece aberto (taxa de cobertura aproximada de 80%) nas vertentes expostas a SE. Nestas, as manchas de solo desnudo são sujeitos ainda à erosão pluvial e constituem focos geradores de enxurradas.

Erosão pluvial e escoamento superficial ali ocorrem desde que danificada a cobertura vegetal, seja pelos canteiros de construção, pelos incêndios de florestas ou pelo uso agrícola (vinhas). Verifica-se atualmente regressão das culturas, mas incremento da urbanização e, provavelmente, dos incêndios de florestas.

Os fatores que favorecem o escoar das águas e que tornam as colinas muito sensíveis ao seu desencadeamento são:

- A raridade dos solos, no sentido pedológico do termo. Os verdadeiros solos formam apenas manchas nos declives de mais de 10°. Encontram-se essencialmente nos coluviões e formações de encosta e de alteração das vertentes inclinadas de menos de 5° — 10°. Em geral, os solos se limitam a uma penetração de húmus de 10-15 cm na matéria mineral, acompanhada de ligeiro esmaecimento da coloração, devido à lixiviação de um pouco de ferro. A estabilidade estrutural (resistência mecânica) dos "solos" é muito fraca, ou mesmo nula, tornando-os incapazes de resistir ao impacto das gotas de chuva um tanto mais grossas. Para não ocorrer erosão pluvial e escoamento superficial difuso é preciso que a vegetação disperse a energia cinética dessas gotas de chuva.

- Os declives bastante fortes, como mostra o nosso mapa: nas colinas, os declives de menos de 10° ocupam somente pequena superfície. Cultivada, em grande parte incorporada a propriedades, ela é, no conjunto, pouco afetada pela erosão pluvial.

- O clima, caracterizado pelo papel significativo dos fortes aguaceiros no período de chuvas. Segundo C. Martin, [14] em Collobrières, ocorrem anualmente, em média, 10,3 dias com precipitações de 20 a 40 mm,

---

[14] MARTIN, C. *Composition chimique des eaux et érosion des sols sur phyllades dans le Massif des Maures*. 1975. 20 p. Trabalho inédito.

5,8 dias com 40 a 80 mm e 1,2 dia com total superior a 80 mm. Por ocasião dos fortes aguaceiros, o débito do escoamento hipodérmico nas delgadas formações superficiais e, sobretudo, o da circulação fissural na rocha subjacente é muito reduzido, causando repleção que dá origem à enxurrada. Segundo C. Martin, nos folhelhos metamorfizados de Maures ocidental os coeficientes de escoamento alcançam os maiores valores durante os meses pouco chuvosos que se seguem a um período de precipitações abundantes.

Nessas circunstâncias, a vegetação desempenha papel decisivo. Apesar das condições edáficas medianas ou más, o clima mediterrâneo subúmido da região facilita seu desenvolvimento. A recolonização das florestas incendiadas é rápida, com uma diferença sensível em função da exposição, de natureza bioclimática. Um mapa de sensibilidade dos ecossistemas à degradação deveria atribuir às vertentes expostas ao S e SE um coeficiente, a determinar. Mas, como nas regiões tropicais úmidas parece que a vegetação pioneira, reocupando o terreno após a destruição da floresta, é mais apta para dispersar a energia cinética dos aguaceiros do que a própria floresta. Trata-se, na verdade, de uma vegetação baixa e densa que faz a intercepção nas imediações do solo. Quando passa a vegetação esclerófila arbustiva, com crescente demanda de água, a formação vegetal se diferencia em função das reservas hídricas do solo. Torna-se aberta, com áreas de solo desnudo entre os arbustos, onde a rocha se encontra muito próxima da superfície.

Será suficiente o acréscimo do fornecimento de detritos vegetais para contrabalançar esse efeito fisionômico? As análises de água de C. Martin não levam a pensar assim. Uma vez mais, é preciso distingüir entre dois aspectos da degradação: um florístico, que interessa aos botânicos, e outro morfodinâmico. A pobreza florística das formações pioneiras não impede que algumas delas assegurem uma fitoestasia maior que a das formações mais evoluídas, mais ricas em espécies, que as sucedem.

Esperamos ter mostrado, a partir deste exemplo, o interesse da abordagem ecodinâmica que adotamos. Cremos que ela enseja a melhor compreensão do meio ambiente, que não traz apenas uma satisfação intelectual: permite dar respostas às preocupações da opinião pública, cada vez mais prementes, quanto às condições de vida e ao meio ambiente.

A abordagem sistêmica adotada tem grande flexibilidade. É essencialmente aberta, de modo que permite integrar elementos novos no esquema ("modelo", para os que assim consideram). É suscetível de quantificação ... desde que se disponha das mensurações necessárias, o que não constitui o caso atualmente. Mas, no quadro de um estudo regional mais extenso, envolvendo, por exemplo, todo o Maciço de Maures, não haveria qualquer dificuldade em se apoiar nas medidas efetuadas por C. Martin em parcelas experimentais. A cartografia ecodinâmica permitiria definir corretamente o grau de representatividade dessas parcelas e delimitar a área para a qual poderiam ser extrapoladas as medidas feitas.

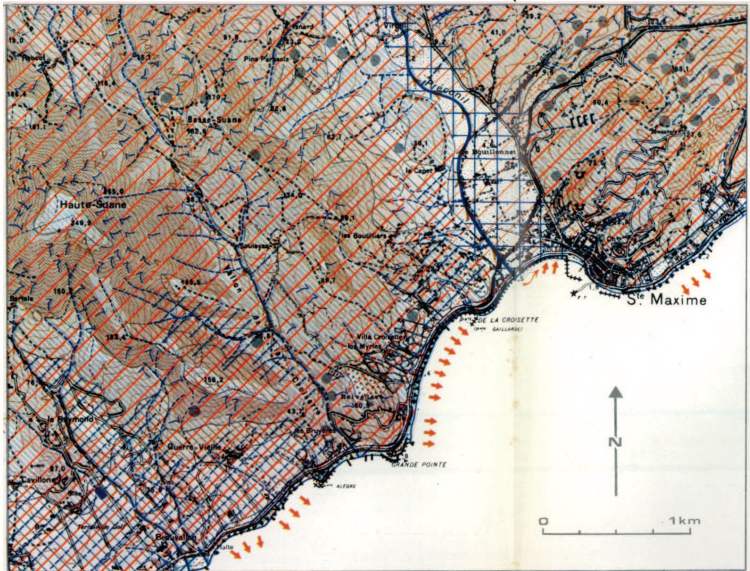
Na realidade, num estudo corretamente organizado começaria por efetuar uma cartografia ecodinâmica qualitativa, como a que apresentamos

aqui; depois se selecionariam parcelas representativas, em função dos tipos ecodinâmicos que aparecem no mapa. Quando de uma terceira etapa, a partir das medidas efetuadas nessas parcelas, o mapa seria retocado e quantificado. Notemos, todavia, que este procedimento não pode conduzir a resultados quantitativos muito rigorosos, pois as parcelas provocam uma certa *artificialização* dos fenômenos que elas permitem medir: efeitos de compartimentação e de contato com as paredes, isolando cada componente do meio ambiente, efeito de forma, alteração ou caráter cumulativo de certos fenômenos (fluxos que percorrem toda a extensão de uma vertente e que são interrompidos no limite acima da parcela). Mas isso é outro problema, infelizmente pouco estudado.

O método que descrevemos parece responder às preocupações dos poderes públicos desejosos de proteger o meio ambiente e nossas aspirações de vida, e de salvaguardar os recursos ecológicos, cada vez mais indispensáveis para fazer face à explosão demográfica mundial contemporânea. Seu objeto consiste em mostrar a maior ou menor sensibilidade dos ecossistemas que constituem o ambiente ecológico, ou seja, precisar o grau de liberdade de que se dispõe para a organização do território e o uso dos recursos sem os degradar, ou mesmo destruir, condenando assim a geração emergente a condições de vida piores do que as nossas. Em outras palavras, nosso método visa a esclarecer e orientar, tão objetivamente quanto possível, as decisões que cabem ao poder político, e não aos cientistas e técnicos.

As autoridades francesas o compreenderam e mostraram interesse por essa abordagem ao financiar o estudo-piloto realizado na Alsácia. Uma experiência semelhante, à qual trazemos toda a nossa colaboração, inicia-se no Brasil, por solicitação do Estado do Rio de Janeiro, e será conduzida com a participação da Universidade Federal Fluminense. Constitui para nós grande alegria pensar que o estágio intensivo de formação permanente que nos foi confiado por essa Universidade, em agosto de 1975, tenha podido contribuir para levar à prática essas pesquisas.

CARTE ECODYNAMIQUE – SAINTE-MAXIME

ECODYNAMIC MAP – SAINTE-MAXIME

CARTA ECODINÂMICA
SAINTE-MAXIME

LEGENDA

LITOLOGIA E CONDIÇÕES EDÁFICAS

Gnaisses com leitos leptinitos e inclusões passando a micaxistos

- rocha sã compacta
- rocha intemperizada "in situ"
- gnaisses intemperizados — mais de 0,50 m
- gnaisse intemperizado — mais de 0,50 m com leitos pouco alterados — alternância irregular
- Manto de alteração rubeificado sobre os gnaisses

Formações detríticas móveis

- formações de encosta
- coluviões
- aluviões: seixos, areias
- acumulações litorâneas (bancos de areia e praia)

DECLIVIDADES, TOPOGRAFIA

- menos de 1%
- de 1 a 8%
- de 8 a 15%
- mais de 15%
- afloramentos salientes de rocha

— RECURSOS HÍDRICOS

Regime superficial

- escoamento em vertente
- escoamento esporádico em um leito
- escoamento esporádico estacional
- escoamento perene

Regime subsuperficial (fracas reservas, bastante lento)

- fraco
- muito fraco

Regime freático

- lençóis freáticos superficiais

DINÂMICA

Semi-estabilidade

- semi-estabilidade permitindo uma pedogênese pouco intensa, relativamente antiga (holoceno)
- recente (um a dois séculos)

Instabilidade generalizada

- instabilidade generalizada crônica: ablação pelo escoamento impedindo a pedogênese

Dinâmica dos leitos

- leitos encaixados (mais de 1 m)
- leitos estáveis sobre rocha coerente
- com nível de base local
- leitos estáveis em formações inconsistentes
- leitos com tendência ao ravinamento
- nos gnaisses intemperizados

Dinâmica litoral

- corrente de vaga litorânea
- praia com tendência à erosão
- praia com tendência à ampliação da acumulação
- rocha coerente, estável

OBRAS, BENFEITORIAS

- terraços de cultura
- pedreira
- canais, fossos
- molhes, diques
- enrocamento
- muro de proteção litorânea
- espigões, obstáculos às correntes de deriva

Grandes categorias de meios geodinâmicos I	*Características geomorfológicas* II	*Tipos de influências morfogenéticas sobre a pedogênese* III	*Princípios de integração do fator morfogenético na classificação pedológica* IV	*Influências litológicas* V Sobre a morfogênese — V*a*	Sobre a pedogênese — V*b*	*Conseqüências gerais para a conservação* VI	*Conseqüências gerais agronômicas* VII
A *Meios estáveis* Evolução lenta, apenas perceptível, em "equilíbrio" tendendo a uma situação de "climax". Tais condições são realizadas em regiões de fraca atividade geodinâmica interna e de fraca intensidade dos processos mecânicos da geodinâmica externa. Balanço pedogênese/morfogênese favorecendo a pedogênese. Caso extremo correspondendo à biostasia de H. Erhart.	1.º *Estabilidade realizada desde longo tempo*: Evolução superficial do modelado lenta, pouco perceptível (formas "congeladas"), em equilíbrio com as condições bioclimáticas atuais, pouco diferentes daquelas que reinam há algumas centenas de milhares de anos. A evolução engendra formas climácicas. Esta situação é atingida, por um lado, nas regiões de elevada influência biótica e, por outro, nos domínios de fraca agressividade de certos agentes mecânicos (deserto brumoso da costa pacífica da América do Sul, por exemplo). A dissecação deve ser pouco marcada. Sob certa medida, as modalidades geodinâmicas externas podem neutralizar uma geodinâmica interna bastante ativa (costa pacífica da América do Sul, deserto brumoso).	Meteorização e pedogênese atuam com o máximo de interferência dos agentes de transporte. Os produtos elaborados permanecem *in situ* ou são submetidos a lenta ablação, podendo atingir um grau avançado de evolução, variável segundo as condições bioclimáticas. Estas comandam a intensidade e a natureza da evolução. Nos domínios de evolução lenta, as alteritas e os solos podem ser pouco espessos e evoluídos, se bem que formados no correr de longo tempo (exemplo: alterações de materiais finos do deserto brumoso do Pacífico, solos úmidos turfosos de certas tundras do Noroeste canadense).	As classificações clássicas dos solos foram elaboradas levando em consideração essas condições, que são as mais simples e mais intradisciplinares para o pedólogo. A evolução dos solos faz-se em "regime permanente". A noção de *catena* é utilizável. Um ponto importante é a duração a partir da qual reinam essas condições e a pedogênese correspondente.	Importância decrescente da influência litológica com o tempo, tanto nos aspectos geomorfológicos quanto pedológicos: "envelhecimento" das formas e dos solos. Os produtos de meteorização tornam-se tão espessos e generalizados quanto permitem as condições bioclimáticas, tendendo a uma certa homogeneização (exemplo: os produtos da alteração ferralítica). São os caracteres desses produtos que influenciam de maneira determinante a morfogênese e a pedogênese (assim como a hidrologia). Seu estudo é primordial.			A freqüência de solos antigos introduz uma lixiviação excessiva em zona úmida; formação de couraças e encrostamentos fortemente consolidados em regiões semi-áridas ou de seca estacional mais acentuada. No entanto, melhoramentos e adubações tornam-se eficazes pela estabilidade do meio. Uma vez realizados, permanecem tanto tempo quanto permite a técnica utilizada.
	2.º *Estabilidade relativamente recente*: O caso é freqüente, por causa das oscilações climáticas quaternárias, sendo mais difundido do que a condição precedente. Geralmente, a estabilidade aproximativa das condições atuais só foi realizada a partir do início do Holoceno (10.000 anos mais ou menos). Formas relíquias, devidas a heranças paleoclimáticas, associadas a formas ativas, do tipo precedente, climácicas. Pode-se ter várias gerações sucessivas de formas relíquias, de tipo diferente, o que introduz variantes que podem ser muito complexas. O modelado poligênico se caracteriza por readaptações sucessivas sob a influência de oscilações climáticas. Esta evolução conduz, em geral, a uma ablação nas partes elevadas das encostas e a uma acumulação correlativa nas partes baixas e depressões, podendo comportar ações eólicas que introduzem aspectos mais complexos. Durante os períodos de estabilização, os materiais em trânsito sobre as encostas permanecem imobilizados onde se encontram, não importa em que posição topográfica. O Pampa Deprimido (Argentina) constitui excelente exemplo desse caso. Os materiais para ali carreados, desde que começado o período atual de estabilidade, constituem as formações superficiais da região e desempenham o papel de material parental para a pedogênese.	Associação de solos derivados de pedogêneses de tipos e idades diferentes, que são, ademais, submetidos a fenômenos de transformação desde tempo mais ou menos longo. O solo relicto serve de material parental à nova pedogênese. Mosaico de solos. A definição da pedogênese atual é indispensável para precisar a natureza e a importância das heranças. As truncagens de solos antigos constituem a regra em todas as regiões em que os períodos anteriores de instabilidade não foram muito intensos. No caso contrário, os solos antigos foram inteiramente erodidos. A truncagem dos solos antigos libera materiais pedogenizados que são retomados nas formações superficiais, principalmente os depósitos de encostas. A pedogênese, nos períodos de estabilidade, afeta, de um lado, os solos truncados, engendrando *superimposições*, e de outro, formações detríticas alimentadas, em parte, por material alterado ou pedogenizado, que sofre *transformações*. Nos sítios de acumulação, os solos dos períodos ou episódios de estabilidade são sepultados sob a contribuição dos elementos liberados nos períodos de instabilidade. Quando o sepultamento é pouco profundo, eles sofrem transformações em função das condições novas nas quais estão colocados. O material fossilizador, nesse caso, geralmente sofreu pedogênese antes do transporte e também é afetado por transformações. As regiões de relevo suave, sujeitas a alternâncias de climas agressivos e períodos de biostasia, cujo tipo é o Pampa Deprimido argentino, são particularmente favoráveis a esta complexa evolução.	Os solos, na maior parte, são "polifásicos" e têm histórias diferentes. Necessita-se introduzir um duplo princípio de classificação: — em função do tipo inicial de pedogênese, eventualmente em função da sucessão das diferentes pedogêneses que são exercidas; — em função do grau de evolução, de *transformação*, devido à pedogênese recente. 1.º Solos polifasados por truncagem, a classificar em função: *a*) do tipo de solo truncado; *b*) do nível de truncagem; *c*) da transformação posterior por uma nova pedogênese que deve levar em consideração o tipo e a intensidade. 2.º Solos polifasados com recobrimentos, a classificar em função: *a*) do tipo de solo recoberto; *b*) da espessura do recobrimento; *c*) das transformações sofridas depois do recobrimento e que lhe são devidas. 3.º Solos polifasados ao mesmo tempo com truncagem e recobrimento. Combinar os critérios de classificação de 1 e de 2.	Influência litológica importante, desde que haja exposição por limpeza do substrato rochoso. Influências litológicas variáveis segundo o sistema morfoclimático. Porém, as influências litológicas são "filtradas" pelas formações de meteorização e pelos solos. O conhecimento dos solos é indispensável à compreensão dos processos morfogenéticos.	Influências litológicas limitadas à pedogênese inicial. Durante os fenômenos de transformação, elas intervêm indiretamente por intermédio do solo antigo, tornado material parental, e por intermédio da drenagem da base do perfil. Mas são principalmente os caracteres dos produtos de meteorização, e não as rochas em si, que têm papel ativo.	Manter uma cobertura vegetal de densidade equivalente à vegetação climácica para evitar a degradação. De outro modo, a degradação pode ser muito rápida e apresentar graves conseqüências, devido à cobertura de produtos de meteorização móveis, freqüente nesses meios. Esse tipo de degradação corresponde à rexestasia de H. Erhart.	Mesmos aspectos que para A-1, porém as condições variam muito no espaço, donde a necessidade de trabalhar em mais elevado grau de "sofisticação", atentando para as interpolações, que devem ser rigorosamente fundamentadas. As extrapolações são perigosas e, praticamente, devem ser proscritas.
B *Meios intergrades* A dinâmica atual caracteriza-se pelas interferências pedogênese/morfogênese. O balanço pedogênese-morfogênese favorece a pedogênese ou a morfogênese, segundo o caso, mas sempre de maneira pouco sensível. Desde que nitidamente a favor da pedogênese, passa-se aos meios estáveis; quando favorece a morfogênese, aos meios instáveis. Os diversos casos formam uma série contínua na qual as ruturas são arbitrárias.	Morfogênese e pedogênese atuais se realizam simultaneamente, com interferências recíprocas. Estamos na parte central de um contínuo. Suas intensidades não são muito desiguais, o que confere grande importância às flutuações num curto período, em certas condições climáticas. Sucessões de anos mais secos ou mais úmidos, ou com invernos mais frios, podem fazer oscilar o equilíbrio num ou noutro sentido, o que é importante para a agronomia e a conservação. As interações entre processos morfogenéticos e pedogenéticos desempenham importante papel. As propriedades dos solos influem, por exemplo, na morfogênese que, por sua vez, influencia, por retroação, a pedogênese. Estes sistemas naturais, muito coerentes, devem ser levados em consideração para a conservação e a restauração. Certas práticas agronômicas podem modificá-los e inverter o sentido da evolução. Por exemplo: a estabilidade dos agregados comanda a erosão pluvial e o escoamento difuso, e, em conseqüência, o escoamento ou a infiltração, o ravinamento ou os movimentos de massa. Ela pode ser aumentada pelas práticas agronômicas (adubação orgânica, calagem).	1.º Quando a pedogênese sobrepuja a morfogênese, aproximamo-nos do caso anterior (A), em que o balanço pedogênese/morfogênese é mais favorável à pedogênese. Porém, a intervenção da morfogênese freia a evolução dos solos, que, mesmo em condições climácicas e por longos períodos, não atinge graus de evolução mais avançados. O mesmo acontece com as formações de alteração (exemplo: as alterações ilíticas de rochas granitóides da "selva nublada" dos Andes venezuelanos, de declividades fortes com movimentos de massa crônicos). Há uma espécie de rejuvenescimento permanente, de acordo com a intensidade da morfogênese.	1.º O balanço pedogênese/morfogênese, muito sensível, varia não apenas no tempo, por curtos períodos, mas no espaço, em função dos sítios. A noção de *catena* pode ser aplicada, com a condição de que lhe seja dado um significado dinâmico e não puramente topográfico. Resultam associações de solos, em geral *intergrades*, caracterizando-se, quando as influências litológicas não interferem, por graus de evolução (eventualmente, também de hidromorfismos) diversos. Os mosaicos devem ser analisados levando em conta o fator dinâmico.	Influência muito forte, comandando o modelado de diversos níveis dimensionais: esculpido muito leve das regiões áridas de forte escoamento esporádico. As propriedades mecânicas do material são as mais importantes.	Intervém tanto mais quanto a pedogênese não pode atingir um grau de evolução muito avançado.	A conservação de uma cobertura vegetal densa ou a sua melhoria são essenciais. Se a cobertura vegetal é degradada, há rápida liquidação dos solos e passagem para a situação D-3. Em caso contrário (melhoramento da proteção vegetal), a evolução é favorável e se processa no sentido da situação A-1. As sucessões de anos ecologicamente desfavoráveis geralmente são críticas e desencadeiam manifestações de degradação que se tornam difíceis de sustar. Medidas particularmente estritas devem ser aplicadas durante esses períodos.	As condições agronômicas são tanto mais desfavoráveis quanto o balanço oscila mais em favor da morfogênese. Ora, o uso agrícola atua neste sentido. As séries de anos ecologicamente desfavoráveis são particularmente perigosas. Os processos morfogenéticos empobrecem o solo em elementos finos e solúveis, como os detritos orgânicos (húmus carreado pela migração pelicular). A melhoria dos rendimentos é condicionada por maior estabilidade morfodinâmica. A técnica agrícola deve contribuir para isso e considerá-la como um pressuposto. As práticas errôneas têm repercussões ampliadas: margem muito fraca de tolerância do meio.
		2.º Quando a morfogênese ultrapassa um pouco a pedogênese, é preciso distinguir dois casos: *a*) Morfogênese pelicular superficial (erosão pluvial, escoamento difuso, reptação, por exemplo). O solo sofre ablação superficial, mas se amplia pela base. É um dos casos mais demonstrativos da aplicação do conceito do balanço pedogênese/morfogênese.	2.º A morfodinâmica desempenha um papel ainda maior, o que leva a distinguir dois casos: *a*) Aqui também, o balanço pedogênese/morfogênese varia em função dos sítios. Mas os solos pouco evoluídos são mais freqüentes em todos os sítios em que o balanço se estabelece a favor da morfogênese. Os mosaicos devem também ser analisados em função do fator morfodinâmico. Há, ainda, compensação aproximativa, no conjunto, entre a ablação superficial e a penetração em profundidade da pedogênese. Porém, essa compensação é mais ou menos bem realizada em função das variações do balanço pedogênese/morfogênese de um sítio para outro. É isto que se torna necessário fazer aparecer na análise dos mosaicos.			Meio crítico, muito difícil de conservar: a floresta não freia os movimentos de massa. Esses se desenvolvem em material argiloso favorável ao ravinamento, que é preciso impedir de se desenvolver, mas sem aumentar a infiltração da água (banquetas devem ser proscritas). O crescimento do consumo de água pela vegetação não atua durante esses períodos muito chuvosos. A diminuição da cobertura vegetal pode favorecer os escorregamentos pela formação de fendas de dissecação, aumentando a infiltração.	As plantas de raízes profundas (árvores, arbustos) são golpeadas e deformadas por movimentos de massa. A pradaria permanente, *densa*, constitui o uso mais adequado, pois favorece um escoamento difuso, inativo do ponto de vista morfogenético, mas diminui o tempo de concentração e intercepção em relação à floresta. É preciso compensar esses aspectos por meio de práticas simples de manejo hidráulico. Evitar cuidadosamente o pisoteio excessivo dos animais (riscos de degradação: trilhas de gado, compactação superficial).
		b) Morfogênese por movimentos de massa pouco profundos, generalizados ou localizados (duas variantes): solifluxão laminar ou em forma de intumescência. O conjunto do perfil pedológico é afetado.	*b*) A diferenciação entre os horizontes é entravada, ou mesmo completamente impedida, nos locais onde há movimento. Pode ocorrer mistura dos horizontes. No caso de fenômenos localizados, mosaicos de solos diversamente afetados, neles compreendidos solos pouco ou não afetados nas áreas de estabilidade local.	Fraca influência, pois é limitada a diversidade dos materiais que favorecem movimentos de massa. O carbonato de cálcio (floculante) e o cloreto de sódio (dispersante) assumem um papel particularmente importante, tanto na pedogênese quanto na morfogênese.			
C *Meios fortemente instáveis* Forte predominância da morfogênese sobre a pedogênese.	Intensa morfogênese cujas causas, podendo se combinar, são: — condições bioclimáticas "agressivas" (climas extremos), com variações fortes e irregulares, desfavoráveis à cobertura vegetal, porém capazes de transmitir grande quantidade de energia; — um relevo acidentado, com vigorosa dissecação (declives fortes e extensos). Uma geodinâmica interna intensa e recente (solevamento tectônico, vulcanismo) constitui um fator favorável. A intensa dinâmica atual impede a persistência de heranças. A reconstrução do passado, difícil pela ausência de testemunhos, oferece pequeno interesse.	Estreitamente subordinada à morfogênese e pouco acentuada. No caso de degradação antrópica, liquidação dos solos anteriores ("erosão dos solos"). Em regime permanente, predominância de solos minerais rochosos (litossolos e regossolos). Tais características se aplicam tanto aos meios de dissecação quanto aos de acumulação. A migração dos materiais detríticos dos primeiros para os segundos é rápida.	Influência determinante da morfodinâmica, o que introduz o seguinte princípio de classificação: 1.º Fenômenos localizados, esporádicos, intensos. Eles destroem os solos. A pedogênese parte de zero quando se torna possível, sobre material rochoso. Chega-se, assim, a mosaicos caracterizados por uma dupla diferenciação: em função da duração da pedogênese (monogênica), e em função da litologia. Existe uma série de transições com B-2-*b* e A-2. Principais casos: corridas de lamas, corridas vulcânicas, digitações aluviais (cones de dejeção, de detritos e bancos aluviais).	Determinante. Nas áreas de dissecação, a aptidão do material à mobilização é decisiva (por exemplo: propriedades mecânicas e alimentação de água por corridas de lamas). Nas áreas de acumulação, as propriedades dos materiais (fluidez das lavas, granulometria dos aluviões) comandam o modelado.	Muito grande: a pedogênese incipiente depende estritamente das propriedades do material parental. Freqüência de solos minerais brutos.	O conjunto formado por esta categoria é constituído de *meios de elevada sensibilidade*. O uso agronômico é mais ou menos marginal. O critério de escolha deve ser mais de conservar para *proteger* os terrenos situados à jusante e os recursos de água, do que produzir. É muito difícil lutar contra o desencadeamento desses fenômenos. O reflorestamento, por exemplo, não impede os movimentos de massa, por vezes até os favorece. A orientação deve ser a de impedir uma degradação maior, como os ravinamentos em uma área afetada por movimentos de massa, visto que não se pode controlá-los sem aumentar o risco de movimentos de massa.	As limitações agronômicas muito fortes fazem dessas unidades *áreas marginais*. Nelas, os melhoramentos são precários e de custos elevados (solos pouco evoluídos ou ausência de solos). As limitações ao uso da terra devem ser estritas, do mesmo tipo que para B-2, porém mais severas. O risco de degradação irreversível deve, imperativamente, ser levado em consideração, sobretudo nas regiões conexas.
			2.º Fenômenos localizados recorrentes, freqüentes. Onde eles atuam, a pedogênese não é possível: litossolos ou regossolos, solos minerais brutos. A pedogênese só atua nos espaços intermediários, beneficiando-se de uma certa estabilidade após um mínimo de tempo. Tem-se então um mosaico heterodinâmico. Duas tendências evolutivas opostas são possíveis: — Instabilidade crescente: as ilhotas de solo relictuais são destruídas por ablação, dissecação ou soterramento. — Estabilização: diminuição da intensidade e da freqüência das ações morfogênicas, recolonização pela vegetação. Desenvolvem-se solos nos sítios que se estabilizam. Transição com B-2.	A morfogênese comanda a intensidade e a natureza dos processos morfogenéticos e o sentido da evolução. A estabilidade estrutural dos solos é decisiva nos fenômenos de escoamento superficial difuso. Quando a incisão de ravinas, por exemplo, entalha material subjacente diferente, pode-se ter, segundo o caso, aceleração do ravinamento, ou freagem e estabilização.	Como no caso C-1.	É preciso tentar favorecer a evolução que tenda para a estabilização, o que é por vezes, difícil. No caso de manifestações torrenciais, pode-se associar: — trabalhos de correção destinados a neutralizar temporariamente os processos torrenciais; — restauração da vegetação, aproveitando os prazos dados pelos trabalhos de correção. O replantio deve alternar com estes trabalhos, antes que necessite de reparos onerosos. Devem ser feitas sucessões de tipos de cobertura vegetal que assegurem estabilidade crescente. A tendência natural à recolonização pela vegetação constitui fator muito favorável, a ser reforçado.	São também *áreas marginais*, que devem ser consideradas inaptas a uma produção rentável. O desenvolvimento da vegetação não pode ser justificado por um rendimento econômico direto: é apenas uma etapa para a estabilização. Esta estabilização pode ser imposta pelo caráter de *região conexa*. Uma vez começada, só pode prosseguir através de sérias medidas de proteção, severamente respeitadas, o que impõe estreitas limitações ao uso do meio natural.
			a) Em sítios de ablação, o principal processo é o escoamento, com incisão de ravinas, cuja rede se torna cada vez mais densa até a formação de ravinamentos generalizados (*bad lands*). A ablação generalizada corresponde ao caso C-3. No limite, pode-se considerar os ravinamentos generalizados como correspondendo também ao caso C-3.	Grande influência: modelagem fina, estreitamente comandada pela litologia até em seus detalhes.			
			b) Em sítios de acumulação, tem-se contribuições de minerais brutos. Segundo sua freqüência e extensão maior ou menor, existe uma série transicional entre os casos C-1 e C-3.	A granulometria comanda o modelado das acumulações (cones de dejeção, lençóis aluviais, contribuições eólicas ou coluviais).		Uma estabilização morfogênica é uma premissa indispensável. Os diques de proteção devem ser cuidadosamente estudados e permitir a acumulação, em boas condições, fora do setor protegido. Senão, ocorrerão ruturas de diques cada vez mais graves. É indispensável agir sobre a fonte das contribuições detríticas.	Uma vez realizada a estabilização, o problema é organizar uma sucessão de culturas aceitando, de início, solos minerais brutos e depois melhorando-os gradualmente. O regime hídrico tem importância capital: deve ser considerado cuidadosamente nas técnicas de manejo.
			3.º Ações crônicas generalizadas, bastante intensas. Por exemplo: raspagem (escoamento difuso) ou acumulação em planície inundável (bacia de inundação etc.). Distinguir os setores de ablação e de acumulação:	Influencia a maior ou menor instabilidade morfodinâmica.	Influência muito forte (solos embrionários, litossolos, regossolos).	(Como no caso C-1).	
			a) Setores de ablação. Mosaicos de lito e regossolos e de solos embrionários. Transição com o caso B.	Influencia a intensidade da morfogênese e determina as formas do modelado.	Forte influência sobre a pedogênese conforme o tipo de solo.		
			b) Setores de acumulação. Se ela for lenta, uma pedogênese embrionária atua com novas contribuições. Nos meios ricos em seres vivos produz-se uma homogeneização por mistura biótica. Em certos meios pobres em seres vivos, a mistura se efetua por crioturbação, hidroturbação ou haloturbação.	Influência determinante da natureza das contribuições e de sua granulometria sobre o modelado e a pedogênese.		(Como no caso C-2-*b*).	